

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.12 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Система электроснабжения кузнечного цеха инструментального завода</b>

УДК 658.26:621.735.5.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Косимов Х.И.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев И.А.	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех А.И.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОЭЭ	Тютёва П.В.	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

### 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники.
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P8	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P9	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P12	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность) 13.03.12 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)      Тютеева П.В.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5Б	Косимов Худойберди Исроилжон угли

Тема работы:

<b>Система электроснабжения механического цеха инструментального завода</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 06.05.19г. №3482/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	4.06.19г.
--	-----------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является кузнечный цех инструментального завода. В качестве исходных данных представлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генеральный план предприятия;</li> <li>- план кузнечного цеха;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках всего предприятия;</li> <li>- сведения об электрических нагрузках кузнечного цеха.</li> </ul>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом;</li> <li>- моделирование электроснабжения кузнечного цеха;</li> <li>- разработка раздела «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;</li> <li>- разработка раздела «Социальная ответственность»;</li> <li>- заключение.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- схема расположения ГПП и цеховых ТП с картограммой электрических нагрузок базы;</li> <li>- эпюры отклонений напряжения.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Мелик-Гайказян Мария Вигеновна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Фех Алина Ильдарововна</p>
<p></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>14.02.19г</p>
--	------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев И.А.	к.т.н., доцент		
Старший преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Косимов Х.И.		

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5Б	Косимов Худойберди Исроилжон угли

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП).	Должностные оклады профессорско-преподавательского состава ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Действующая сметы налогообложения

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование комплекса работ (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности работы)	Расчет временных показателей проведение технического проекта. Построения диаграмма Ганта;
2. Определение трудоемкости выполнения работ	
3. Расчет сметы для технического проекта	Расчет коэффициентов: весовой коэффициент, коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.
4. Определение ресурсосберегающей эффективности	

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта
2. Смета затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.02.19г
--	-----------

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Косимов Худойберди Исроилжон угли		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5Б	Косимов Худойберди Исроилжон угли

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Система электроснабжения кузничного цеха инструментального завода	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования.	Научно-техническая работа направлена на расчет системы электроснабжения кузничного цеха инструментального завода и разработку модели электроснабжения цеха., реализованная в программная приложения Matlab Simulink.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	1 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. 2 ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. 3 ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. 4 СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 5 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. 6 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке математической модели и эксплуатации оборудования: – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – неудовлетворительный микроклимат
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>– Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.02.19г
--	-----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Косимов Худойберди Исроилжон угли		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность) 13.03.12 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	4.06.19г.
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.19	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	15
22.02.19	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра эл. нагрузок.	10
07.03.19	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	10
18.03.19	Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в ТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	10
11.04.19	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.	10
25.04.19	Моделирование электроснабжения кузнечного цеха.	15
16.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	15
19.05.19	Социальная ответственность.	15
<b>Итого</b>		<b>100</b>



**СОСТАВИЛ:**  
**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев И.А.	к.т.н., доцент		

**Консультант (при наличии)**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютева П.В.	к.т.н., доцент		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 90 с., 11 рис., 27 табл., 17 источников.

Ключевые слова: трансформатор, кабельная линия, ГПП, ПР, питающая сеть, распределительная сеть, электроснабжение предприятия, кузнечного цеха.

Объектом исследования являются элементы системы электроснабжения инструментального завода кузнечного цеха.

Цель работы – проектирование надежной системы электроснабжения инструментального завода, в частности кузнечного цеха.

Исходными данными дипломной работы послужили материалы преддипломной практики. В частности, электрическая схема всего завода и плавильного цеха, генеральные планы и ведомости номенклатуры используемого оборудования. Используя исходные данные и справочную литературу была спроектирована система электроснабжения предприятия с детальной проработкой питающих сетей и коммутационной аппаратуры плавильного цеха. Использованы типовые решения. Также система электроснабжения включает распределительные кабельные линии напряжением 0,4 кВ, трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ, коммутационную и защитную аппаратуру на упомянутые классы напряжений. Значимость выполненного проекта обосновывается надежностью принятых решений, использованных в инженерной практике и доказавших свою состоятельность.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	14
ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ .....	16
1.1. КАТЕГОРИИ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ ПО БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	16
1.2. Объект исследования.....	18
ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	21
2.1. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом .....	26
2.3. КАРТОГРАММА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК .....	29
2.4. ВЫБОР МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРА ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	31
2.5. Электроснабжение кузнечного цеха .....	32
2.5.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЁМНИКОВ ПО ПУНКТАМ ПИТАНИЯ .....	33
2.5.3. ПРИМЕР ВЫБОРА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ДЛЯ ПРЕССА РП2 .....	34
2.5.4. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ СЕТИ ЦЕХА .....	35
2.5.5. ПРОВЕРКА ВНУТРИЦЕХОВОЙ СЕТИ ПО ПОТЕРЯМ НАПРЯЖЕНИЯ. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ГПП ДО НАИБОЛЕЕ УДАЛЕННОГО И МОЩНОГО ЭП. ....	38
2.5.6. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ .....	40
2.6. РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000 В .....	43
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....	47
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И СОЦИАЛЬНЫЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	55
4.1. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	55

4.1.1. SWOT-АНАЛИЗ РАБОТЫ КУЗНИЧНОГО ЦЕХА .....	55
4.1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	58
4.1.3. СТРУКТУРА РАБОТ В РАМКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	58
4.1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТП .....	61
4.1.5. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ЭТАПОВ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ. ....	61
4.1.6. РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	63
4.1.7. РАСЧЁТ ЗАТРАТ НА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	63
4.1.8. РАСЧЕТ ПОЛНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ТЕМЫ .....	64
4.1.9. ОТЧИСЛЕНИЯ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ (СТРАХОВЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ) .....	66
4.1.10. НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ .....	66
4.1.11. ФОРМИРОВАНИЕ СМЕТЫ ЗАТРАТ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА	66
4.1.12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА .....	67
4.2. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	67
4.2.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ: .....	67
4.2.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	67
4.2.3. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	69
4.2.4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПОМЕЩЕНИЯМ ДЛЯ РАБОТЫ С ЭВМ .....	71

4.2.5 ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ .....	73
4.2.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ.....	74
4.2.7 МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЯ.....	75
4.2.8 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ.....	76
4.2.9 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ .....	77
4.2.10. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	79
4.2.11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	80
4.2.12. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	82
4.2.13. АНАЛИЗ ВЕРОЯТНЫХ ЧС, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ В 120 АУДИТОРИИ. ....	82
4.2.14. ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЧС И РАЗРАБОТКА ПОРЯДКА ДЕЙСТВИЯ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС .....	82
ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	89
РИСУНОК 10 – ЭПЮРЫ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ .....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	90

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс диктует необходимость всецелого совершенствования промышленной энергетики: создание экономичных, надежных систем электроснабжения промышленных предприятий, систем освещения, автоматизированных систем управления технологическими процессами, внедрение микропроцессорной техники, элегазового и вакуумного оборудования, новейших преобразовательных устройств. Важнейшей задачей сегодня является надежное обеспечение промышленных предприятий электрической энергией надлежащего качества. Системой электроснабжения в рамках предприятия и или страны называется совокупность электротехнических установок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией. Современные системы электроснабжения промышленных предприятий должны удовлетворять определенным требованиям:

- удобство эксплуатации;
- экономичность;
- безопасность;
- надежность;
- обеспечение необходимого качества электроэнергии;
- гибкость системы электроснабжения при дальнейшем развитии без существенного переустройства существующей схемы;
- максимальное приближение источников высокого напряжения к центрам электрических нагрузок потребителей;
- минимизация потерь электроэнергии.

Целью данного проекта является разработка системы электроснабжения кузнечного цеха, используя при проектировании реальные

данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), требуется проработать систему электроснабжения приемников в здании цеха, сделать выводы.

Задание данного выпускной квалификационной работы являются:

1. Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом.
2. Выбор рационального напряжения внутрицехового, внутризаводского и внешнего электроснабжения.
3. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.
4. Определение местоположения и выбор схемы главной понижающей подстанции.
5. Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций.
6. Определение числа мощности трансформаторов главной понижающей подстанции.
7. Выбор схемы электроснабжения завода.
8. Расчет токов короткого замыкания.
9. Выбор коммутационно-защитной аппаратуры в сети высокого и низкого напряжения.
10. Построение моделирование цеха в стороны 0,4 кВ в программной приложении MATLAB Simulink.

## ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ

### 1.1. Категории электроприёмников по бесперебойности электроснабжения

Одной из важных задач проектирования систем электропитания является правильная оценка категории электроприемников, которая будет определять надёжность системы электропитания.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения, согласно ПУЭ, электроприемники разделяются на следующие три категории.

**Электроприемники первой категории** - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.[17]

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть



использованы независимые секции подстанций, предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п. [17]

**Электроприемники второй категории** - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. [17]

**Электроприемники третьей категории** - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

Возникающие перерывы электроснабжения в той или иной мере парализуют жизнь общества, порождая негативные последствия, которые не зависят от временных рамок и вида деятельности членов общества. Все это предопределяет особую значимость проблемы надежного электроснабжения.

Последствиями перерыва электроснабжения электроприёмников производства завода могут являться массовый не до отпуски продукции в этой связи электроприёмники основного производства относятся ко второй категории. Цеха и подразделения, являющиеся вспомогательными, то есть прямо не участвующими в создании продукции предприятия, относятся к

третьей категории. Классификация основной доли электроприёмников завода электротехнической промышленности по бесперебойности электроснабжения приведена в таблице 1. [17]

Таблица 1– Характеристика внешней среды производственных помещений предприятия

Номер на плане	Наименование цеха		Категория электроснабжения	Установленная мощность, кВт
1	Термическое отделение 1		II	700
2	Заготовительный		III	1100
3	Сверлильный		III	800
4	Цех плашек		III	680
5	Цех метчиков		III	800
6	Деревообрабатывающий		III	220
7	Ремонтно-механический цех		III	400
8	Термическое отделение 2		II	780
9	Испытательная станция		III	80
10	Кузнечный		II	665
11	Склад		III	130
12	Заводоуправление		III	340
13	Насосная		II	410
14	Компрессорная	10 кВ (СД)	II	2800
		0,38 кВ		1400

## 1.2. Объект исследования

Кузнечный цех предназначен для производства различных поковок и метизов, а также поковок слесарно-монтажного инструмента.

Исходными данными на проектирование являются генплан завода электротехнической промышленности (рисунок 1), сведения об электрических нагрузках завода электротехнической промышленности (таблица 1), генплан кузнечного цеха и сведения об электрических нагрузках кузнечного цеха (рисунок 2, таблица 2) [3].

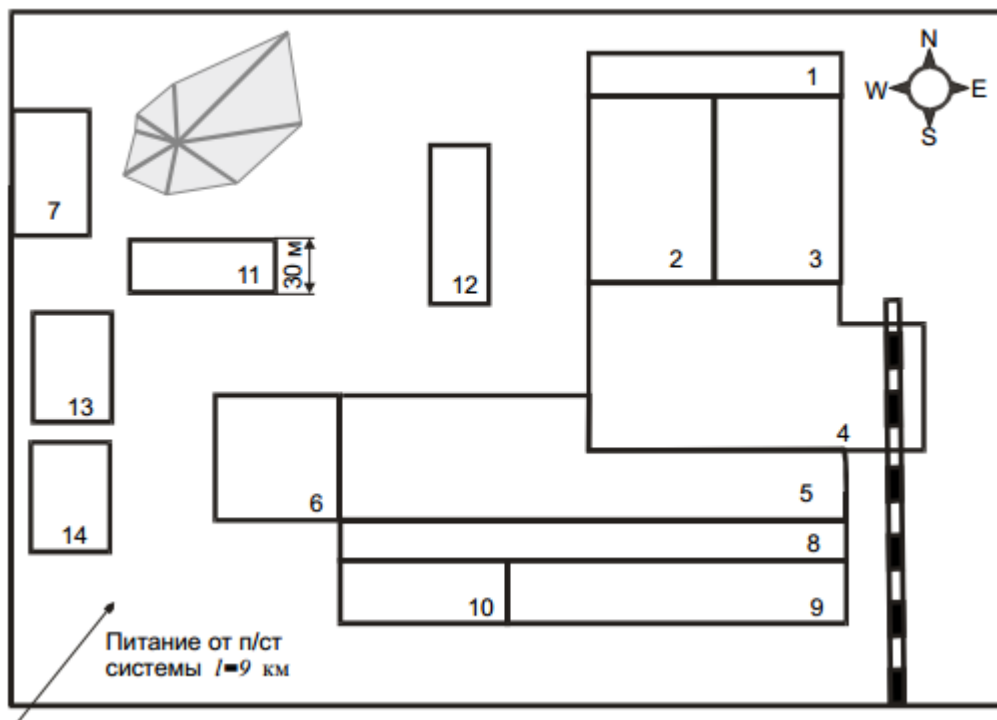


Рисунок 1 - Генплан инструментального завода

Сведения об электрических нагрузках завода приведена на таблицы 1.

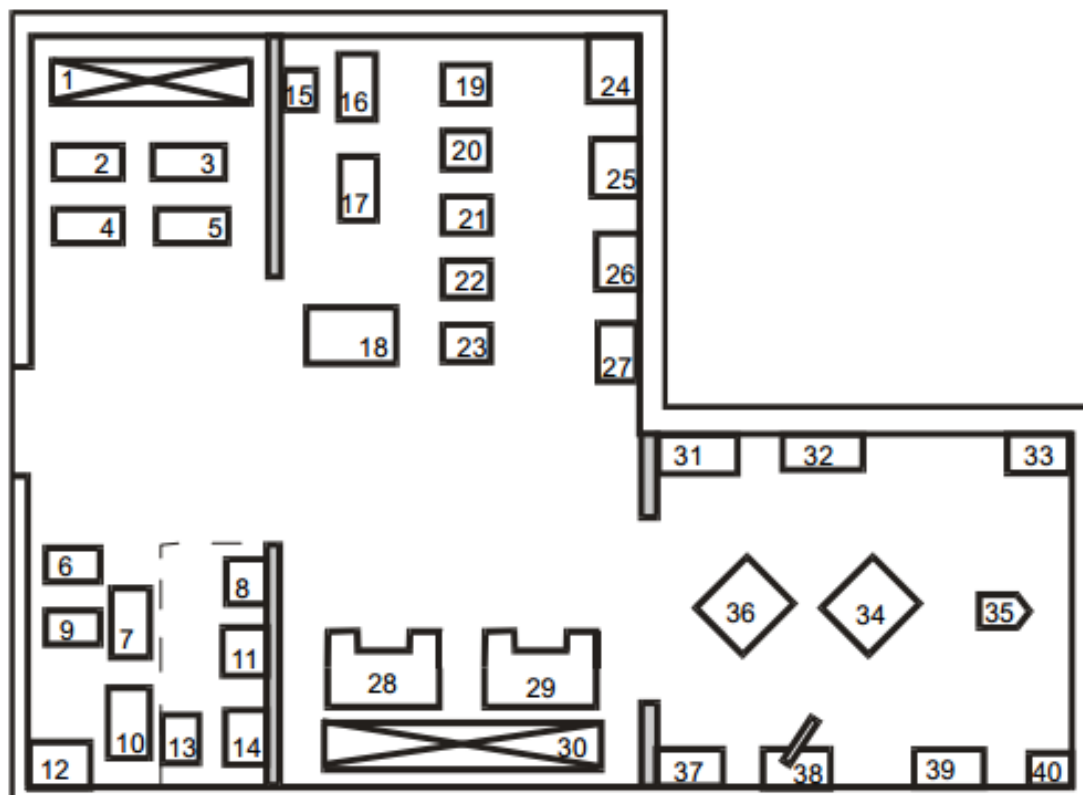


Рисунок 2 - План кузнечного цеха

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках цеха

Номер на плане	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1,30	Кран-балка ПВ=40%	40
18	Пресс	70
2-5	Фрезерный станок	16
6-8,10	Трубогибочный станок	10
9,26	Шлифовальный станок	12
12,13,14,24	Сварочный трансформатор ПВ=25%	40
31	Вентилятор	10
15,27	Сушильный шкаф	15
16,17	Закалочная печь	50
19-23,25,34	Токарный станок	15
37	Сверлильный станок	15
28,29	Электрованна	20
32,36	Электромолот	19
38	Поворотный кран	6
33,40	Вентилятор горна	20
35	Обдирочный станок	17
39	Нагревательная плита	8

## ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Расчетная силовая нагрузка цеха, электроснабжение которого разрабатывается подробно в работе, определяется по методу упорядоченных диаграмм. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:[8]

а) электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых  $K_u < 0.6$ ;

б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых  $K_u \geq 0.6$ ;

При расчетах электрических нагрузок удобно пользоваться специальной таблицей. Расчет приведен в таблице 1.

Номинальные активные мощности отдельных ЭП определяются следующим образом:

- для электродвигателей длительного режима работы:

$$P_H = P_{насн} \cdot \kappa Bm$$

где  $P_{насн}$  паспортная мощность двигателя.

- для двигателей повторно-кратковременного режима:

$$P_H = P_{насн} \cdot \sqrt{ПВ} = 40 \cdot \sqrt{0,4} = \kappa Bm$$

где ПВ– паспортная продолжительность включения, в о.е.

- для сварочных трансформаторов:

$$S_H = S_{насн} \cdot \sqrt{ПВ}, \kappa BA$$

$$P_H = S_{насн} \cdot \sqrt{ПВ} \cdot \cos \varphi = 40 \cdot \sqrt{0,25} \cdot 0,5 = 10 \kappa Bm$$

где  $S_H$  – полная номинальная мощность сварочного трансформатора

$S_{насн}$ – паспортная полная мощность сварочного трансформатора

$\cos \varphi$  - паспортный коэффициент мощности сварочного трансформатор

$ПВ$  - паспортная продолжительность включения.[3]

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле (далее приводится расчет для долбежного станка):

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном} = 0,45 \cdot 70 = 31,5 \text{ кВт}$$

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 31,5 \cdot 0,75 = 23,63 \text{ кВт}$$

$K_u$  и  $\cos \varphi$  для каждого ЭП или группы ЭП принимаются по справочным данным. Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле (для группы А):[3]

$$K_{u.cр} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} = \frac{153}{746} = 0,21$$

Где  $\sum P_{см}$  - суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, кВт;

$\sum P_{ном}$  - суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха, кВт.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования  $K_{u.cр}$  и эффективного числа электроприемников  $n_{\text{э}}$  для данной группы:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left[ \sum_{1}^n P_{ном} \right]^2}{\sum_{1}^n P_{ном}^2}$$

При большом числе ЭП рекомендуется пользоваться упрощенными способами вычисления допустимая погрешность которых лежит в пределах  $\pm 10\%$ .

а) при  $m = \frac{P_{ном.макс}}{P_{ном.мин}} > 3$  и  $K_{u.cр} \geq 0,21$   $n_{\text{э}}$  может быть определено по

формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном.макс}}}$$

где  $P_{\text{ном.макс}}$   $P_{\text{ном}}$  - номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе (наш случай);[8]

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном.макс}}} = \frac{2 \cdot 388,6}{70} = 11$$

б) при  $m > 3$  и  $K_{\text{и.ср}} < 0,2$  эффективное число ЭП определяется с помощью кривых;

в) при  $m \leq 3$  и любом значении  $K_{\text{и.ср}}$  допускается принимать  $n_{\text{э}}$ ,

где  $n$  - исходное число ЭП. При определении величины  $n_{\text{э}}$  могут быть исключены из расчета те наименьшие ЭП группы, суммарная номинальная мощность которых не превышает 5% суммарной мощности всей группы (при этом число исключенных ЭП не учитывается также и в величине  $n$ ).

Расчетные активная ( $P_{\text{м}}$ ) и реактивная ( $Q_{\text{м}}$ ) мощности группы приемников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений(для группы А):[2]

$$P_{\text{м}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{см}} = 1,9 \cdot 101,7 = 193,23 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} \text{ при } n_{\text{э}} > 10$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi = 3,04 \cdot 1,33 = 4,05 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} = 4,05 \text{ при } n \leq 10$$

*Примечание.* Величина  $K_{\text{м}}$  находится по кривым  $K_{\text{м}} = f(n_{\text{э}})$  для различных средневзвешенных значений коэффициента использования  $K_{\text{и.ср}}$  или по таблице.

Для ЭП с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену  $P_{\text{м}} = P_{\text{см}}$ .

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 37,8 \cdot 0,95 = 36 \text{ кВт}$$

$K_{с.о.}$  принимается по справочным данным. Величина  $P_{н.о.}$  находится как:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о} \cdot F = 12 \cdot 3150 = 37800 \text{ Вт} = 37,8 \text{ кВт},$$

где  $P_{уд.о}$  удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м<sup>2</sup> (таблица П.2.17).

$F$  - площадь цеха, м<sup>2</sup> (определяется по генплану).

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения) определяется:

$$S_M = \sqrt{(P_M)^2 + (Q_M)^2} = \sqrt{365^2 + 413,6^2} = 552 \text{ кВА};$$

Расчётный ток:

$$I_P = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H} = \frac{552}{\sqrt{3} \cdot 380} = 839 \text{ А}$$

Пиковый ток:

$$I_n = i_{н.м} + (I_P - K_u i_{ном.м}) = 106,4 \cdot 1 + (839 - 0,45 \cdot 106,4) = 898 \text{ А}$$

где  $i_{н.м}, i_{ном.м}, K_u$  соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе; его номинальный ток и коэффициент использования (пресс с номинальной мощностью 70 кВт)



Таблица 3 - Определение расчетных нагрузок кузнечного цеха

№ п/п	Наименование узлов питания и групп эл.приемников	Количество ЭП $n$	Уст мощность, пр к ПВ=100%		$m=P_{н.макс}/P_{н.мин}$	Коэффициент использования $K_u$	$\cos\varphi$ \ $tg\varphi$	Ср. наг. за макс заг. смену		Эффективное число ЭП $n_{\Sigma}$	Коэффициент Максимума $K_m$	Максимальная нагрузка			Расчетные токи $I_m/I_n$
			Одного ЭП, $P_n$ , кВт	Общ. $P_n$ , кВт				$P_{см}=K_u \cdot P_n$ кВт	$Q_{см}=P_{см} \cdot tg\varphi$ кВт			$P_M=K_m \cdot P_{см}$ , кВт	$Q_M=Q_{см}$ кВАр	$S_M$ кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<b>Приемники группы А</b>														
1	Кран-балка ПВ=40%	2	25,3	50,6	1	0,06	0,6/1,33	3,04	4,05						
2	Пресс	1	70	70	1	0,45	0,8/0,75	31,5	23,63						
3	Фрезерный станок	4	16	32	1	0,14	0,5/1,73	4,48	7,75						
4	Трубогибочный станок	4	10	30	1	0,17	0,65/1,7	5,1	8,67						
5	Шлифовальный станок	2	12	24	1	0,17	0,65/1,7	4,08	7						
6	Токарный станок	7	15	60	1	0,17	0,65/1,7	10,2	17,34						
7	Сверлильный станок	1	15	15	1	0,14	0,5/1,73	2,1	3,633						
8	Электромолот	2	19	38	1	0,4	0,6/1,7	14,8	25,16						
9	Поворотный кран	1	6	12	1	0,3	0,6/1,7	3,6	6,12						
10	Обдирочный станок	1	17	17	1	0,4	0,6/1,7	6,8	11,56						
11	Сварочный трансформатор ПВ=25%	4	10	40	1	0,4	0,5/1,73	16	27,68						
	<b>Итого по группе А:</b>	<b>29</b>	<b>6-70</b>	<b>388,6</b>	<b>&gt;3</b>	<b>0,2</b>	<b>-</b>	<b>101,7</b>	<b>142,6</b>	<b>11</b>	<b>1,9</b>	<b>193,2</b>	<b>142,6</b>		
	<b>Приемники группы Б</b>														
12	Вентилятор	1	10	10	-	0,7	0,7/1,02	7	7,14						
13	Сушильный шкаф	2	15	30	-	0,8	0,9/0,48	24	11,52						
14	Закалочная печь	2	50	100	-	0,7	0,75/0,88	70	61,6						
15	Электрованна	2	20	40	-	0,8	0,8/0,75	32	24						
16	Вентилятор гора	2	20	40	-	0,8	0,75/0,88	32	28,16						
17	Нагревательная плита	1	8	8	-	0,8	0,9/0,48	6,4	3,072						
18	Вентилятор	<b>10</b>	<b>8-50</b>	<b>228</b>	-	-	-	<b>171,4</b>	<b>135,5</b>	-	<b>1</b>	<b>135,5</b>	<b>135,5</b>		
	Итого силовая нагрузка по цеху (группе А и Б)	39	6-70	616,6	-	-	-	273,1	278,1	-	-	328,7 3	278,1		
	Электрическое освещение	-	-	37,8	-	0,95	-	36	-	-	-	36	-		
	<b>Итого по цеху:</b>	-	-	<b>655</b>	-	-	-	<b>310</b>	<b>278,1</b>	-	-	<b>365</b>	<b>413,6</b>	<b>552</b>	<b>839/898</b>

## 2.1. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Расчетная полная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и потерь в высоковольтных линиях. [5]

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений: [1]

$$P_p = K_c P_n = 700 \cdot 0,6 = 420 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 420 \cdot 0,88 = 370 \text{ кВар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{420^2 + 370^2} = 560 \text{ кВА};$$

Где  $P_n$  - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

$K_c$  - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным:

$\operatorname{tg} \varphi$  - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В. определяются по выше приведенным формулам.

Примеры определения расчетных силовых и осветительных нагрузок по цехам предприятия показаны в таблицах 2 и 3.

Так как трансформатор цеха подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:[2]

$$\Delta P_T = 0,02 S_p^h = 0,02 \cdot 365 = 7,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 S_p^h = 0,1 \cdot 365 = 36,5 \text{ кВАр};$$

$$\Delta P_{Л} = 0,03 S_p^h = 0,03 \cdot 365 = 11 \text{ кВт};$$

Таблица 4 - Определение расчетных нагрузок по цехам завода

№ по ген. Плану	Наименование потребителей	Силовая нагрузка					
		Р <sub>н</sub> , кВт	К <sub>с</sub>	cosφ	tgφ	Р <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>							
1	Термическое отд. 1	700	0,6	0,75	0,88	420	370
2	Заготовительный	1100	0,3	0,8	0,75	330	248
3	Сверлильный	800	0,3	0,8	0,75	240	180
4	Цех плашек	680	0,3	0,8	0,75	204	153
5	Цех метчиков	800	0,3	0,8	0,75	240	180
6	Деревообрабатывающий	220	0,3	0,7	1,02	66	67
7	Ремонтно-механический	400	0,35	0,7	1,02	140	143
8	Термическое отд. 2	780	0,6	0,75	0,88	468	412
9	Испытательная станция	80	0,6	0,75	0,88	48	42
10	Кузнечный	665	0,4	0,85	0,62	266	165
11	Склад	130	0,3	0,8	0,75	39	30
12	Заводоуправление	340	0,5	0,8	0,75	170	128
13	Насосная	410	0,5	0,8	0,75	205	154
14	Компрессорная	160	0,35	0,7	1,02	56	57
<b>Итого по 0,38 кВ:</b>		<b>7265</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2892</b>	<b>2329</b>
<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>							
14	Компрессорная	2800	0,35	0,7	1,02	980	1000
<b>Итого по 6-10 кВ:</b>		<b>2800</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>980</b>	<b>1000</b>

Таблица 5 – Определение расчетных осветительных нагрузок по цехам завода

№ по ген. Плану	Наименование потребителей	Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная		
		F, м²	P <sub>уд.о</sub> , Вт/м²	P <sub>н.о</sub> , кВт	K <sub>с.о</sub>	P <sub>ро</sub> , кВт	P <sub>р</sub> +P <sub>ро</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>									
1	Термическое отд.1	3500	12	42	0,95	40	460	370	590,1
2	Заготовительный	7350	12	88,2	0,95	84	384	248	457,2
3	Сверлильный	7350	12	88,2	0,95	84	324	180	370,1
4	Цех плашек	17050	12	204,6	0,95	195	399	153	428
5	Цех метчиков	16000	12	192	0,95	183	423	180	460
6	Деревообрабатывающий	4900	12	58,8	0,95	56	122	67	140
7	Ремонтно-механический	3150	12	37,8	0,95	36	176	143	227
8	Термическое отд.2	7000	12	84	0,95	80	548	412	686
9	Испытательная станция	5775	12	69,3	0,85	59	107	42	115
10	Кузнечный	3150	12	37,8	0,95	36	171	165	238
11	Склад	2550	12	30,6	0,6	19	58	30	66
12	Заводоуправление	2700	12	32,4	0,9	29	199	128	237
13	Насосная	1575	12	18,9	0,9	17	222	154	270
14	Компрессорная	1575	12	18,9	0,95	18	74	57	94
	Территория завода	211750	0,16	34	1	34	454	-	-
<b>Итого по 0,38 кВ:</b>		<b>F<sub>ц</sub> = 83625</b>	-	<b>1038</b>	-	<b>970</b>	<b>4121</b>	<b>2329</b>	<b>4378,4</b>
<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>									
14	Компрессорная	2800	12		0,95	30,8	980	1000	1400
<b>Итого по 6-10 кВ:</b>		-	-	-	-	-	<b>980</b>	<b>1000</b>	<b>1400</b>

### 2.3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения: [3]

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{4378,8}{3,14 \cdot 1}} = 37,4 \text{ мм}$$

где  $S_{pi}$  - расчетная полная мощность цеха с учетом освещения. кВА:

$m$  - масштаб для определения площади круга. кВА/мм<sup>2</sup> (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В. изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане. Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора ( $\alpha$ ) определяется из соотношения полных расчетных ( $S_{pi}$ ) и осветительных нагрузок ( $P_{p.o.}$ ) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{S_{p.i}} = \frac{360^\circ \cdot 970}{4378,4} = 80^\circ$$

Для построения картограммы нагрузок используется таблица 4.

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения  $x_i$  и  $y_i$  для цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода  $x_0$  и  $y_0$  определяются по формулам: [6]

$$x_0 = \frac{\sum S_{p^x}}{\sum S_p} = \frac{1314723}{5779} = 227,5 \text{ м}$$
$$y_0 = \frac{\sum S_{p^y}}{\sum S_p} = \frac{951683}{5779} = 165 \text{ м}$$

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан в приложении 2.

№ цеха по ген. Плану	S <sub>р.і</sub> , кВА	P <sub>ро</sub> , кВт	r, мм	α, град	X <sub>і</sub> , м	Y <sub>і</sub> , м	S <sub>р.і</sub> 'X <sub>і</sub> , кВа'м	S <sub>р.і</sub> 'Y <sub>і</sub> , кВа'м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Потребители 0,4 Кв</b>								
1	590,1	40	13,7	24,4	385	350	227188	206535
2	457,2	84	12	66,2	360	290	164592	132588
3	370,1	84	18,9	82	425	290	157293	107329
4	428	195	11,7	164	420	190	179760	81320
5	460	183	12,1	143	325	190	149500	87400
6	140	56	6,7	144	140	144	19600	20160
7	227	36	8,5	42	25	295	5675	66965
8	686	80	14,8	42	325	95	222950	65170
9	115	59	6,1	185	365	65	41975	7475
10	238	36	8,7	55	230	90	54740	21420
11	66	19	4,6	104	245	261	16170	17226
12	237	29	8,7	44	250	275	59250	65175
13	270	17	9,3	226	35	190	9450	51300
14	94	18	5,5	69	35	115	3290	10810
<b>Потребители 6 - 10 кВ</b>								
14	1400	30,8	21,1	8	35	115	3290	10810
<b>Итого</b>	<b>5779</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1314723</b>	<b>951683</b>

## 2.4. Выбор мощности трансформатора цеховых подстанций

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{S_p^h}{F_{\text{цехов}}} = \frac{5779}{83625} = 0,07 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$$

где  $F_{\text{цехов}}$  - площадь всех цехов предприятия, м<sup>2</sup>.

Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов для различных плотностей нагрузок приведены в таблице 5. [4]

Таблица 7

Удельная плотность нагрузки $\sigma$ , кВА/м <sup>2</sup>	Рекомендуемая номинальная мощность трансформатора кВА
0,05 - 0,1	630
0,15	1000
>0,2	1600
>0,3 – 0,35	2500

Выбирается трансформатор ТМ-630.

Таблица 8 - Технические характеристики трансформатора ТМ-630

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное высшее напряжение, кВ	Номинальное низшее напряжение, кВ	Потери холостого хода, кВт.	Потери короткого замыкания, кВт.	Ток холостого хода, %	Напря-е короткого замыкания, %	Схема и группа соедин-я обмоток
ТМ-630/10/0,4	630	10	0,4	1,25	7,6	1,7	5,5	У/УН-0

Минимально возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum P_p^h}{\beta_T \cdot S_{н.тр}} = \frac{4121}{0,7 \cdot 630} = 9,34 \approx 10 шт$$

где  $\beta_T$  - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме

(принимается 0,7).

$S_{н.тр}$  - номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p^n$  - номинальная расчетная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

Полученная расчетная величина округляется до ближайшего большего целого значения  $N$ .

## 2.5. Электроснабжение кузнечного цеха

Опишем последовательность электроснабжения цеха:

1. Распределить приёмники цеха по пунктам питания (силовым распределительным шкафам), выбирать схему и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Выбранная схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость, и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников и перемещения приёмников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды.

2. Определить расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха.

3. Выбрать сечения питающей сети по длительности допустимой токовой нагрузки из условия нагрева и проверить их по потере напряжения.

4. Выбрать силовую распределительную сеть и аппараты защиты и управления цеха.

5. Построить карту селективности действия аппаратов защиты для конкретного участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника).

6. Рассчитать питающую и распределительную сети по условиям допустимой потери напряжения и построить эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее мощного



электроприёмника для режимов максимальной, минимальной и послеаварийной нагрузок.

7. Рассчитать токи КЗ для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные нанести на карту селективности действия аппаратов защиты. [2]

#### 2.5.1. Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту РП. Так как РП бывают различных типов и имеют определённое число присоединений (до 12), то для каждого электроприёмника необходимо выбрать автоматический выключатель. Кроме того, для каждого РП необходимо выбрать защитный аппарат.[7]

Намечаем радиальную схему питающей сети цеха. Способ прокладки питающей сети цеха (от ТП-1 до пунктов питания) – в каналах.



Рисунок 3 – Схема прокладка кабеля цеха

## 2.5.2. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1000 В

Выбор аппаратов защиты цеховой сети

Условия выбора автоматических выключателей:

$$I_{н.расц} \geq I_{дл};$$

$$I_{уст.эм} \geq 1,5 \cdot I_{пуск};$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{тик} = 1,25 \cdot \left( I_{пуск.наиб.} + \sum I_{ном} \right) \text{ для } \leq 5 шт$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{тик} = 1,25 \cdot \left( I_{пуск.наиб} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.наиб}) \right) \text{ для больше 5 ЭД}$$

где  $I_{н.расц}$  – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

$I_{кз}$  – номинальный ток срабатывания установки в зоне КЗ. кз I

## 2.5.3. Пример выбора автоматического выключателя для пресса РП2

Находим номинальный ток по формуле

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta};$$

где  $P_{ном}$  - номинальная мощность двигателя, кВт;

$U_{ном}$  - номинальное напряжение двигателя, кВ;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности;

$\eta$  - КПД;

Получим

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{70}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 148 \text{ А};$$

$$I_{пуск} = 5 \cdot I_{ном} = 5 \cdot 148 = 740 \text{ А}$$

$$I_{уст.эм} = I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск}$$

Намечаем к установке автомат серии ВА51-33

$$I_{н.расц} = 160 \text{ А} \geq I_{дл} = 148 \text{ А};$$

$$I_{уст.эм} = 125 \cdot 10 = 1250 \text{ А} \geq 1,5 \cdot 740 = 1110 \text{ А};$$

Окончательно выбираем автомат серии ВА51-33 с параметрами:

$$I_{н.расч} = 160 \text{ А}; I_{уст.эм} = 1250 \text{ А}$$

Пример выбора распределительного пункта для группы ЭП №7-14 разных станков и сварочного трансформатора: показано в таблице [1]

Таблица 9 - Распределительные шкафы цеха

№ шкафа	Тип шкафа	Число отходящих линий
РП-1	ПР8503-002-21УЗ	8
РП-2	ПР8503-002-21УЗ	8
РП-3	ПР8503-002-21УЗ	8
РП-4	ПР8503-002-21УЗ	8
РП-5	ПР8503-001-54У1	6
РП-6	ПР8503-001-54У1	6

#### 2.5.4. Выбор сечений линий сети цеха

Выбор сечений проводников питающей сети цеха будем производить из условий допустимой нагрузки и допустимой потери напряжения.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки  $I_m$  определяется из условия. [7]

$$I_{дон} \geq \frac{I_p}{k_{прокл}}$$

Кроме того, сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию.

$$I_{дон} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}}$$

где  $k_{прокл}$  - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

$k_3$  - коэффициент защиты или кратность защиты;

$I_3$  - номинальный ток или ток установки срабатывания защитного аппарата.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия.

$$\Delta U_{p\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{380} (x_0 \cdot \sin \varphi + r_0 \cdot \cos \varphi)$$

$$I_p = \frac{202}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 307 \text{ A};$$

$$I_{доп} \geq \frac{I_p}{k_{прокл}} = \frac{307}{1} = 307 \text{ A};$$

где  $I_p$  - расчетный ток РП1

$k_{прокл}=1$  при способе прокладки кабеля – в каналах.

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 307}{1} = 307 \text{ A}; \text{ где } I_3 = I_{ном.расч} = 307 \text{ A}; k_3 = 1;$$

По [1, табл.П.11.4] выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки АВВГ-(4х95)  $I_{доп} = 310 \text{ A};$

Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{380} (x_0 \cdot \sin \varphi + r_0 \cdot \cos \varphi) = \frac{\sqrt{3} \cdot 307 \cdot 56}{380} ((0,066 \cdot 0,76 + 0,390 \cdot 0,65)) = 4,18\%$$

Таблица 10 – Расчет аппаратов защиты и сечений питающей сети цеха

№ п\п	Назначение участка питающей линии		$I_p, \text{ A}$	$K_u$	$I_{теп.р.ш}$	$I_{ус.эм}$	Аппарат защиты	Кабель
	начало участка	конец участка						
1, 30	РП2, РП6	Кран-балка, ПВ=40%	60,77	12	50	600	ВА13-29	АВВГ (4х10)

Продолжение таблицы 10

18	РП2	Пресс	106,4	10	80	800	BA51-33	ABBГ (4x16)
2 – 5	РП2	Фрезерный станок	24,3	10	20	200	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)
6 – 8,10	РП2,РП1	Трубогибочный станок	15,2	7	20	140	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)
9, 26	РП1,РП4	Шлифовальный станок	18,3	7	20	140	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)
12 – 14, 24	РП1,РП4	Сварочный трПВ=25%	60,8	14	40	560	BA51Г-31	ABBГ (4x6)
31	РП4	Вентиляторы	15,2	7	20	140	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)
15, 27	РП2,РП4	Сушильный шкаф	22,8	7	25	175	BA13-25	ABBГ (4x2,5)
16,17	РП3	Закалочная печь	76	14	50	700	BA51Г-33	ABBГ (4x35)
19 – 23, 25, 31	РП3,РП4,РП5	Токарный станок	22,8	7	25	175	BA13-25	ABBГ (4x2,5)
37	РП6	Сверильный станок	22,8	7	25	175	BA13-25	ABBГ (4x2,5)
28, 29	РП4	Электрованна	30,4	10	25	250	BA14-26	ABBГ (4x4)
32, 36	РП5	Электромолот	29	10	25	250	BA14-26	ABBГ (4x4)
38	РП6	Поворотный кран	9,1	7	20	140	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)
33, 40	РП5,РП6	Вентилятор горна	30,4	10	25	250	BA14-26	ABBГ (4x4)
35	РП5	Обдирочный станок	26	10	25	250	BA14-26	ABBГ (4x2,5)
39	РП6	Наг.плита	12,2	7	20	140	BA51Г-25	ABBГ (4x2,5)

2.5.5. Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее удаленного и мощного ЭП.

Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее отдалённого электроприёмника (Шлифовальный станок №9). [9]

Расчетная схема для построения эпюры отклонения напряжения приведена на рисунке 8.

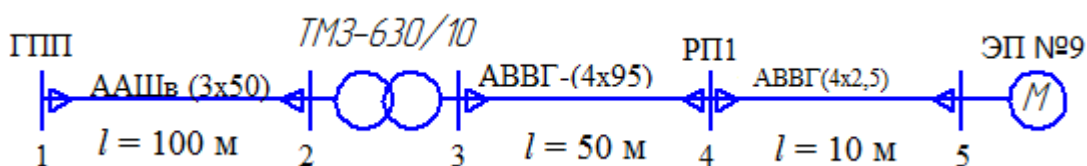


Рисунок 4— Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

Цеховая ТП1 – двухтрансформаторная, поэтому нужно рассмотреть максимальный, минимальный и послеаварийный режимы работы сети.

Рассчитаем нагрузки максимального режима.

Узел 5 – Шлифовальный станок. В качестве привода используется АД. Определим расчетную нагрузку привода по номинальным данным:

$$S_{расчЭП} = S_{расч6} = 12 + j20,4 \text{ кВА}$$

Узел 4 – РП1. Расчетная нагрузка определяется методом коэффициента расчетной активной мощности:

$$S_{расчПР} = S_{расч5} = 82 + j139,4 \text{ кВА}$$

Узел 3 – РУ НН ТП4. Расчетная нагрузка найдена по методу коэффициента спроса:

$$S_{расчТП4} = S_{расч3} = 841 + j644 \text{ кВА}$$

Расчетная нагрузка на один трансформатор:

$$S_{расч.тр} = \frac{S_{расчТП4}}{2} = \frac{841 + j644}{2} = 420,5 + j322 \text{ кВА}$$

Узел 2 – сторона ВН трансформатора ТП4. Нагрузка является суммой мощности на стороне НН и потерь мощности в трансформаторе.

Определим потери мощности в трансформаторе ТМ-630/10, паспортные данные которого приведена выше. [2]

Потери активной мощности:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{XX} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2 = 1,56 + 8,5 \cdot \left( \frac{\sqrt{420,5^2 + 322^2}}{630} \right)^2 = 7,56 \text{ кВт}$$

Потери реактивной мощности:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{тр} &= \Delta Q_{XX} + \Delta Q_{кз} \cdot \beta^2 = S_{ном.тр} \cdot \frac{I_{XX}}{100} + S_{ном.тр} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \beta^2 = \\ &= 630 \cdot \frac{2}{100} + 630 \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left( \frac{\sqrt{420,5^2 + 322^2}}{630} \right)^2 = 37,08 \text{ кВАр} \end{aligned}$$

Расчетная нагрузка в узле 2:

$$\begin{aligned} P_{расч2} &= P_{расч3} + \Delta P_{тр} = 420,5 + 7,56 = 428,06 \text{ кВт}; \\ Q_{расч2} &= Q_{расч3} + \Delta Q_{тр} = 322 + 37,08 = 359,08 \text{ кВАр} \end{aligned}$$

Рассчитаем нагрузки минимального режима

$$P_{\min 12} = \frac{30}{100} \cdot P_{\max 12} = \frac{30}{100} \cdot 428,06 = 128,418 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 12} = \frac{4}{50} \cdot Q_{\max 12} = \frac{4}{50} \cdot 359,08 = 28,726 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 23} = \frac{30}{100} \cdot P_{\max 23} = \frac{30}{100} \cdot 420,5 = 252,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 23} = \frac{4}{50} \cdot Q_{\max 12} = \frac{4}{50} \cdot 322 = 25,76 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 34} = \frac{30}{100} \cdot P_{\max 34} = \frac{30}{100} \cdot 82 = 24,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 34} = \frac{4}{50} \cdot Q_{\max 34} = \frac{4}{50} \cdot 139,4 = 11,15 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 45} = \frac{30}{100} \cdot P_{\max 45} = \frac{30}{100} \cdot 12 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 45} = \frac{4}{50} \cdot Q_{\max 45} = \frac{4}{50} \cdot 20,4 = 1,63 \text{ кВар};$$

Нагрузки послеаварийного режима.

Нагрузки послеаварийного режима определяются из анализа схемы сети. В данном случае в послеаварийном режиме нагрузки в узлах 2, 3 и 4 в два раза увеличатся в сравнении с максимальным, а в узлах 5 и 6 останутся без изменений [9].

Результаты расчета нагрузок в различных режимах представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты расчета нагрузок

Обозначение участка	Нагрузка в режимах, кВА		
	минимальный	максимальный	послеаварийный
1-2	128,418+ j28,726	428,06+ j359,06	
2-3	252,3+ j25,76	420,5+ j322	841+j644
3-4	24,6+ j11,15	82+ j139,4	82+ j139,4
4-5	3,6+ j1,63	12+ j20,4	12+ j20,4

#### 2.5.6. Расчет режимов

Расчет режима максимальных нагрузок [8].



Участок 1-2:

Напряжение в начале участка принимаем  $U_1 = 10,5$  кВ.

$$R_{12} = r_0 \cdot l_{12} = 0,625 \cdot 0,1 = 0,062 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_0 \cdot l_{12} = 0,063 \cdot 0,1 = 0,006 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{12\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{428,06 \cdot 0,065 + 359,06 \cdot 0,006}{10 \cdot 10,5^2} = 0,027 \text{ \%}.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12\%} \cdot \frac{U_1}{100} = 0,027 \cdot \frac{10500}{100} = 2,835 \text{ В}.$$

Напряжение в узле 2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 2,835 = 10497,165$$

Участок 2-3:

Найдем активную и реактивную составляющие напряжения КЗ трансформатора:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном.тр}} \cdot 100 = \frac{8,5}{630} \cdot 100 = 1,35 \text{ \%}$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{кз}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,35^2} = 5,66 \text{ \%}$$

Фактический коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{ном.тр}} = \frac{\sqrt{428,06^2 + 359,06^2}}{630} = 0,886$$

Потоки мощности, передаваемые через вторичную обмотку цехового трансформатора:

$$P_2 = P_{12} - \Delta P_{тр} = 428,06 - 7,56 = 420,5 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{12} - \Delta Q_{тр} = 359,06 - 37,08 = 321,98 \text{ кВар}$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{420,5^2 + 321,98^2} = 529,61 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{420,5}{529,61} = 0,79$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2}{S_2} = \frac{321,98}{529,61} = 0,61$$

Потери напряжения в трансформаторе:

$$\begin{aligned}\Delta U_{23\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_2 - U_p \cdot \sin \varphi_2) = \\ &= 0,886 \cdot (1,35 \cdot 0,79 + 5,66 \cdot 0,61) + \frac{0,886^2}{200} \cdot (1,35 \cdot 0,79 - 5,66 \cdot 0,61) = 3,99 \%\end{aligned}$$

В вольтах:

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23\%} \cdot \frac{U_1}{100} = 3,99 \cdot \frac{10497,165}{100} = 418,83 \text{ В}$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН равно:

$$U_{BH} = U_2 - \Delta U_{23} = 10497,165 - 418,83 = 10078,335 \text{ В}$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = U_{ср.ном} \cdot \frac{U_{BH}}{U_1} = 400 \cdot \frac{10078,335}{10500} = 383,93 \text{ В}$$

Участок 3-4:

$$\begin{aligned}R_{34} &= r_0 \cdot l_{34} = 0,13 \cdot 0,05 = 0,0065 \text{ Ом}; \\ X_{34} &= x_0 \cdot l_{34} = 0,059 \cdot 0,05 = 0,0029 \text{ Ом}; \\ \Delta U_{34\%} &= \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{82 \cdot 0,0065 + 139,4 \cdot 0,0029}{10 \cdot 0,3839^2} = 0,635 \%\end{aligned}$$

В вольтах:

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 0,635 \cdot \frac{383,93}{100} = 2,43 \text{ В}$$

Напряжение в узле 2:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 383,93 - 2,43 = 381,5 \text{ В}$$

Участок 4-5:

$$\begin{aligned}R_{45} &= r_0 \cdot l_{45} = 1,25 \cdot 0,01 = 0,0125 \text{ Ом}; \\ X_{45} &= x_0 \cdot l_{45} = 0,073 \cdot 0,01 = 0,0073 \text{ Ом}; \\ \Delta U_{45\%} &= \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{82 \cdot 0,0125 + 139,4 \cdot 0,0073}{10 \cdot 0,3815^2} = 1,4 \%\end{aligned}$$

В вольтах:

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45\%} \cdot \frac{U_4}{100} = 1,4 \cdot \frac{381,5}{100} = 5,341 \text{ В}$$

Напряжение в узле 2:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 381,5 - 5,341 = 376,159 \text{ В}$$

Расчет остальных режимов ведется подобным образом. В минимальном режиме  $U_1 = 10 \text{ кВ}$ , в послеаварийном –  $U_1 = 10,5 \text{ кВ}$ . На рисунке 10 представлена эпюра отклонений напряжения.

## 2.6. Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ТП-1 до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

Расчёт токов КЗ в сети до 1000

Имеет следующие особенности:

1) принимаем мощность системы, что правомерно при, т.е. напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

2) при расчёте учитываются активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей; [5]

3) расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем  $U_c = 400 \text{ В}$ .

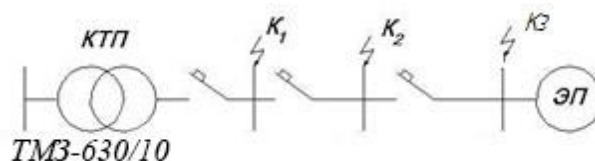


Рисунок 5 – Схема для расчета токов короткого замыкания в сети до 1000 В

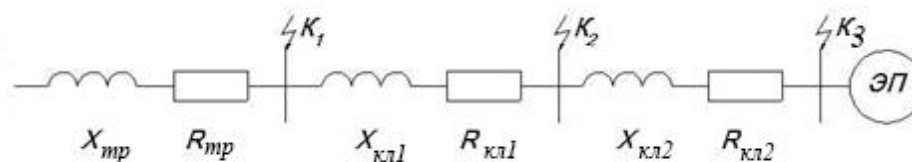


Рисунок 6 – Схема замещения для расчета токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Сопротивление катушек максимального тока и неподвижных контактов выключателей:

Расчёт токов КЗ для точки К1:

Активное сопротивление трансформатора:

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_c^2}{S_{н.тр}^2} = \frac{7,9 \cdot 400}{630^2} = 3,14 \text{ мОм};$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{U_K \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{н.тр}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{н.тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,9}{630}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,6 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{к1} = \sqrt{(R_{тр})^2 + (X_{тр})^2} = 13,968 \text{ мОм};$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{к1} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,9} = 16,533 \text{ кА};$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,533 = 30,396$$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

$$R_{кл1} = r_0 \cdot L = 0,42 \cdot 0,039 = 16,38 \text{ мОм};$$

$$X_{кл1} = x_0 \cdot L = 0,09 \cdot 0,039 = 3,55 \text{ мОм};$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата

$$R_{кат} = 0,15 \text{ мОм}; X_{кат} = 0,17 \text{ мОм};$$

Переходное сопротивление контактов

$$R_{конт} = 0,15 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к2} = R_{тр} + R_{кл} + R_{кат} + R_{конт} = 3,2 + 16,3 + 0,15 + 0,17 = 20,115 \text{ мОм}$$

$$X_{к2} = X_{тр} + X_{кл} + X_{кат} + X_{конт} = 13,6 + 3,35 + 0,17 = 17,124 \text{ мОм}$$

Суммарное полное сопротивление до точки К2:

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2} = \sqrt{20,115^2 + 17,124^2} = 26,417 \text{ мОм};$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{к2} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{к2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 26,417} = 8,742 \text{ кА};$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,742 = 22,253 \text{ кА};$$

Расчёт токов КЗ для точки КЗ:

$$R_{кл} = r_0 \cdot L = 0,84 \cdot 0,003 = 2,52 \text{ мОм};$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot L = 0,095 \cdot 0,003 = 0,28 \text{ мОм};$$

Сопротивление катушек максимального тока автомата

$$R_{кат} = 0,15 \text{ мОм}; X_{кат} = 0,17 \text{ мОм};$$

Переходное сопротивление контактов:

$$R_{конт} = 0,4 \text{ мОм};$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$R_{к3} = R_{к2} + R_{кл} + R_{кат} + R_{конт} = 20,115 + 2,52 + 0,4 + 0,15 = 23,185 \text{ мОм}$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{кл} + X_{кат} + X_{конт} = 17,124 + 0,285 + 0,17 = 17,579 \text{ мОм}$$

Суммарное полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2} = \sqrt{23,185^2 + 17,579^2} = 29,09 \text{ мОм};$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{K3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,096} = 7,937 \text{ кА};$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{K3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,937 = 20,205 \text{ кА};$$

### ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В разделе моделирование системы электроснабжения рассмотрены следующие этапы:

- изменения напряжений при обрыве фазного провода электропередачи 10 кВ в электрической сети напряжением 10/0,4 кВ [10].
- регулирования напряжения при изменении коэффициента трансформации в диапазоне  $\pm 10\%$  от  $U_{ном}$  с шагом 1% [11].

Решение задач повышения качества электрической энергии в сети 0,4 кВ и ее экономии тесно связано с регулированием переменного напряжения на стороне 10 кВ трансформаторных подстанций (ТП). На силовых трансформаторах указанных ТП отсутствуют устройства автоматического регулирования напряжения. Регулирование уровня напряжения 0,4 кВ на ТП 10/0,4 кВ осуществляется устройствами ПБВ (переключение без возбуждения) два раза в год (сезонное регулирование) при условии отключенного трансформатора [11].

На главных понизительных подстанциях (ГПП) промышленных предприятиях требуемый уровень напряжения 0,4 кВ поддерживается устройствами регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). В то же время большинство бытовых потребителей не получают электроэнергию на напряжении 380 В требуемого качества: отклонения напряжения в сети часто превышают пределы как нормально допустимых, так и предельно допустимых значений [11].

За основу принята система электроснабжения (СЭС) промышленного предприятия (ПП) как электропотребителя, отличающегося многообразием электроприемников с различными режимами работы. Воспользуемся выше выбранных электрических аппаратов и собираем модель системы электроснабжения кузнечного цеха инструментального завода. В программное приложение MATLAB Simulink имеется возможность моделирования широкого спектра уже готовых электротехнических устройств [11].

На основе расчета электрических нагрузок 0,4 и 10 кВ выбраны элементы СЭС: цеховые трансформаторы ТМЗ-630/10/0,4 кВ, сечения распределительных электросетей, автоматический выключатели и электроприемники цеха 0,4 кВ.

При построении модели СЭС использован принцип структурного моделирования, основанного на создании моделей отдельных блоков и последующем синтезе всей системы. Имитационная модель СЭС ПП представлена на рисунке 7.

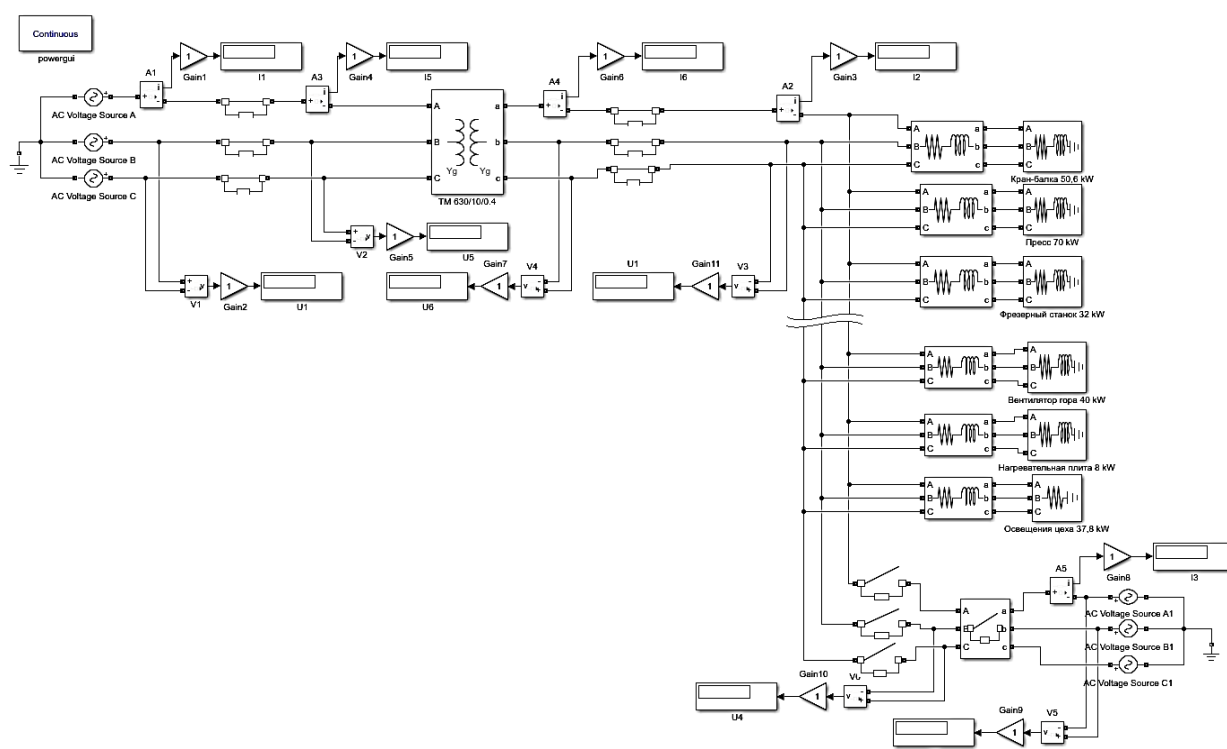


Рисунок 7 - Имитационная модель системы электроснабжения цеха 10/0,4 кВ.

Имитация процесса регулирования напряжения в разработанной модели осуществляется путем изменения коэффициента трансформации (соотношения первичного и вторичного напряжений) на трансформаторе 10/0,4 кВ [11].

В таблицы 12 приведены значения токов и напряжений (на шинах ТП 0,4 кВ).



Таблица 12 - Результаты исследования

$K_T = \frac{U_1}{U_2}$	Параметры	Шины ТП 0.4 кВ
30,7 – -10%	$I, A/U, B$	335,4/69,26
30,36 – -9%	$I, A/U, B$	337,6/77,78
30,03 – -8%	$I, A/U, B$	341,5/83,96
29,71 – -7%	$I, A/U, B$	344,3/86,55
29,39 – -6%	$I, A/U, B$	350,3/89,13
29,08 – -5%	$I, A/U, B$	351,6/91,4
28,78 – -4%	$I, A/U, B$	355/92,12
28,48 – -3%	$I, A/U, B$	357,9/96,52
28,19 – -2%	$I, A/U, B$	361,4/102,2
27,91 – -1%	$I, A/U, B$	369,1/103,2
27,63 – 0%	$I, A/U, B$	370,5/109,8
27,36 – 1%	$I, A/U, B$	371/113,9
27,08 – 2%	$I, A/U, B$	374,3/116,5
26,83 – 3%	$I, A/U, B$	378,1/121,4
26,56 – 4%	$I, A/U, B$	381,2/125,5
26,31 – 5%	$I, A/U, B$	384,6/128,9
26,06 – 6%	$I, A/U, B$	389,6/131,6
25,82 – 7%	$I, A/U, B$	391,6/137,1
25,58 – 8%	$I, A/U, B$	394,1/144
25,35 – 9%	$I, A/U, B$	397,3/146,5
25,11 – 10%	$I, A/U, B$	406,6/151

На рисунке 8 показана зависимость тока и напряжения, измеренных на шинах ТП 0,4 кВ, от коэффициента трансформации.

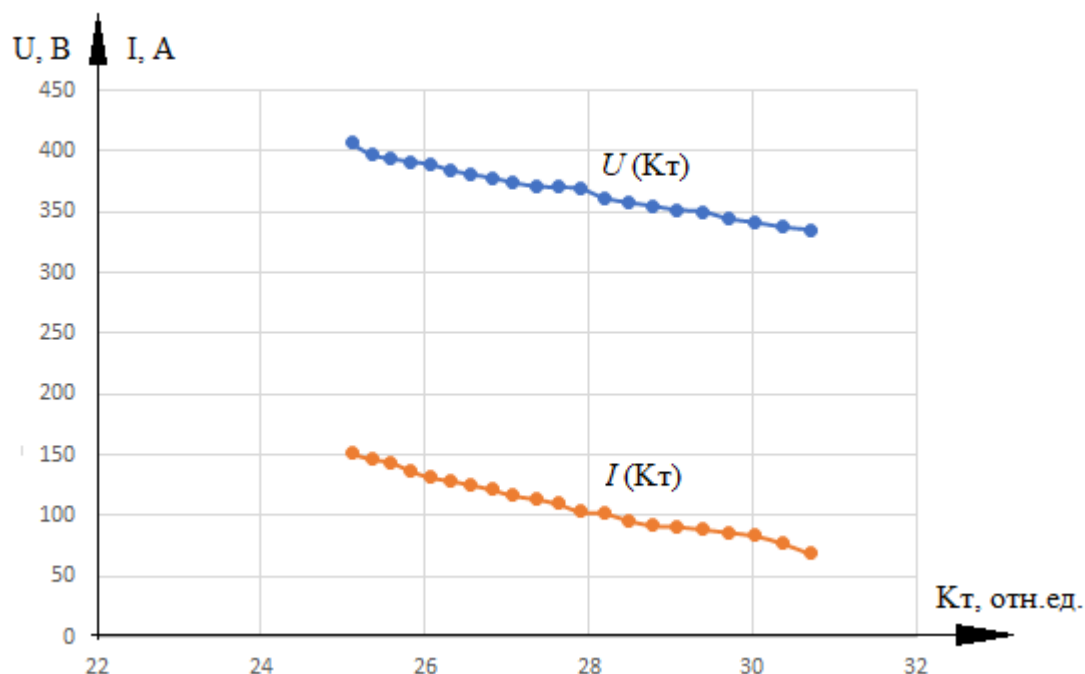


Рисунок 8 - Зависимость тока и напряжения, измеренных на шинах ТП 0,4 кВ, от коэффициента трансформации.

Анализ результатов процесса регулирования напряжения показал, что при изменении коэффициента трансформации в диапазоне  $\pm 10\%$  от  $U_{ном}$  с шагом 1% величины отклонения напряжения на зажимах низковольтных и высоковольтных потребителей не превышают нормально-допустимых значений на интервале от  $-7\%$  до  $+10\%$  от номинального напряжения (табл. 12). На остальном же диапазоне изменения коэффициента трансформации отклонение напряжения достигает величин, при которых работа электроприемников неэкономична.

Исследуемая электрическая сеть напряжением 10/0,4 кВ (рис. 9) состоит из источника питания напряжением 10 кВ, трехпроводной кабельной линии напряжением 10 кВ (КЛ - 10 кВ), понижающего трехфазного трансформатора Т напряжением 10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток  $Y_H / Y_H$ , четырехпроводной кабельной линии напряжением 0,4 кВ (КЛ - 0,4 кВ) и нагрузки потребителей в конце линии ЭП [10].

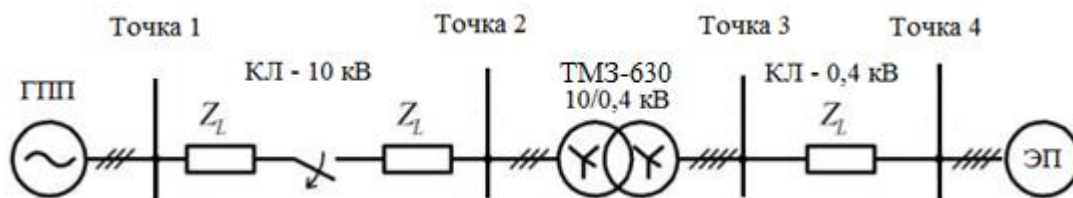


Рисунок 9 - Электрическая сеть напряжением 10/0,4 кВ.

При исследованиях обрыв фазного провода производится последовательно в фазе А, затем В и С. Это обеспечивает все возможные сочетания фаз оборванного провода КЛ-10 кВ с фазной несимметрией потребителей напряжением 380 В, поскольку наблюдается различие характеристик напряжений  $U_0$  на отстающей и опережающей фазах по отношению к фазе, в которой происходит обрыв фазного провода [10].

Таким образом, исследования изменения напряжений проведены для 16 режимов работы электрической сети 10/0,4 кВ:

- нормальный режим (НР) работы КЛ-10 кВ при четырех вариантах нагрузки потребителей напряжением 0,4 кВ;
- поочередный обрыв провода фазы А, В или С КЛ-10 кВ (ОФА, ОФВ, ОФС), причем каждый раз при четырех вариантах нагрузки потребителей напряжением 0,4 кВ [10].

В таблице 13 представлена результаты исследований изменений напряжений нулевой  $U_0$  последовательностей в четырех характерных точках электрической сети напряжением 10/0,4 кВ (рис. 9), полученные с помощью моделирования электроснабжения цеха в программной предложении Matlab Simulink. Напряжения представлены в вольтах (кВ): напряжение нулевой последовательности приведено к соответствующим фазным напряжениям, а напряжение обратной последовательности – к соответствующим линейным напряжениям, измеренным в четырех характерных точках при работе сети 10/0,4 кВ на холостом ходу, т.е. при отсутствии нагрузок потребителей, подключенных к КЛ-0,4 кВ [10].

Проведем анализ изменения напряжений.

Напряжение нулевой последовательности  $U_0$

При нормальном режиме работы электрической сети 10/0,4 кВ:

– напряжение  $U_0$  в сети 10 кВ (в точках 1 и 2; режимы 1–4) равно нулю;

– напряжение  $U_0$  в сети 0,4 кВ (точки 3 и 4) при симметричной нагрузке и на «холостом ходу» КЛ-0,4 кВ (режимы 1 и 4) равно нулю, а при наличии несимметрии нагрузки потребителей 0,4 кВ (режимы 2 и 3) составляет 0,2–14,7% фазного напряжения и обусловлено именно несимметрией фазных нагрузок потребителей напряжением 0,4 кВ.

В таблице 13 представлена изменения напряжений  $U_0$  (кВ) в характерных точках электрической сети напряжением 10/0,4 кВ, полученные с помощью моделирования электроснабжения цеха в программной предложении Matlab Simulink. Результаты будем снимать в фазах В и С для всех точках и режимах.

Таблица 13 - Результаты исследования

Номер режима	Нагрузка по фазам, %			Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$U_0$ (кВ)	$U_0$ (кВ)	$U_0$ (кВ)	$U_0$ (кВ)
1	100	100	100	10,39	10,39	0,370	0,354
2	0	100	100	10,39	10,39	0,365	0,349
3	0	0	100	10,39	10,39	0,387	0,190
4	0	0	0	10,39	10,39	0,376	0
Обрыв провода фазы А							
5	100	100	100	10,39	10,39	0,366	0,350
6	0	100	100	10,39	10,39	0,365	0,349
7	0	0	100	10,39	10,39	0,387	0,190
8	0	0	0	10,39	10,39	0,376	0
Обрыв провода фазы В							
9	100	100	100	10,39	5,11	0,197	0,188
10	0	100	100	10,39	5,19	0,199	0,190

Продолжение таблицы 13

11	0	0	100	10,39	7,66	0,288	0,190
12	0	0	0	10,39	7,66	0,277	0
Обрыв провода фазы С							
13	100	100	100	10,39	5,28	0,169	0,162
14	0	100	100	10,39	5,19	0,166	0,158
15	0	0	100	10,39	5,19	0,188	0
16	0	0	0	10,39	6,5	0,235	0

При обрыве фазного провода КЛ-10 кВ:

– напряжение  $U_0$  в сети 10 кВ (в точке 1; режимы 1–16) не изменяется фазная напряжения;

– напряжение  $U_0$  в сети 10 кВ (в точке 2; режимы 5 и 8, 9 и 12, 13 и 16) при симметричной нагрузке потребителей 380 В, а также «холостом ходе» КЛ-0,4 кВ становится равным половине фазного напряжения сети. В остальных режимах (7 и 8, 10 и 11, 14 и 15) на продольную несимметрию КЛ-10 кВ накладывается несимметрия фазных нагрузок потребителей сети 380 В;

– напряжение  $U_0$  в точках 3 и 4 при обрыве фазного провода КЛ-10 кВ не меняется оно остается тем же, что и при нормальном режиме работы КЛ-10 кВ. Это подтверждает теоретические положения [8, 10, 11], что напряжение  $U_0$  из сети 10 кВ, работающей с изолированной нейтралью, в сеть 380 В через понижающий трансформатор не проходит, независимо от схем соединения обмоток этого трансформатора. Наличие небольшого напряжения  $U_0$  (в точке 4; режимы 6 и 7, 10 и 11, 14 и 15), равного 1,8–14,7% фазного напряжения, обусловлено несимметрией фазных нагрузок потребителей.

Проведенные исследования изменений напряжений нулевой последовательностей в различных точках электрической сети напряжением 10/0,4 кВ при обрыве фазного провода КЛ-10 кВ позволили получить их качественные и количественные характеристики, которые могут быть использованы при разработке устройств защиты. Анализ количественных

характеристик напряжения обратной последовательности показал, что его можно использовать в качестве информационного параметра при построении защит, которые могут быть установлены как в конце КЛ-10 кВ, так и на стороне низшего напряжения понижающего трансформатора 10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток «звезда с нулем – звезда с нулем».

Устройство защиты при обрыве фазного провода КЛ-10 кВ предпочтительнее устанавливать на стороне низшего напряжения трансформатора напряжением 10/0,4 кВ. В сравнении с установкой устройства на стороне высшего напряжения трансформатора 10/0,4 кВ оно проще в использовании, менее затратно и наименее громоздко.

## ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И СОЦИАЛЬНЫЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 4.1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения цели в данном разделе рассмотрены следующие задачи:

- составление SWOT-анализа работы кузничного цеха;
- планирование технико-конструкторских работ;
- определение ресурсной эффективности проекта.

#### 4.1.1. SWOT-анализ работы кузничного цеха

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT–анализ. Он проводится в несколько этапов [12].

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (табл. 14).

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы;

Таблица 14 – Составление предварительной матрицы SWOT

	<b>Сильные стороны проекта</b>	<b>Слабые стороны проекта</b>
	С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность
<b>Возможности</b>		
В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение расходов на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В1С1; С3; С5;  В2С1;  В3С1;  В4С1;	В1Сл1; Сл2; Сл3;    В4Сл3; Сл4;
<b>Угрозы</b>		
У1: Значительное увеличение стоимости схемы У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спроса	У1С1  У2С1; С4;	У3Сл3; Сл4;  У4Сл2; Сл3; Сл4;

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие). Результаты второго этапа SWOT анализа представлены в табл. 15-16.



Таблица 15 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	+	-	+
	B2	+	-	-	-	-
	B3	+	-	-	-	-
	B4	+	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	B1	+	+	+	-	
	B2	-	-	-	-	
	B3	-	-	-	-	
	B4	-	-	+	+	

Таблица 16 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	+	-	-	-	-
	Y2	+	-	-	+	-
	Y3	-	-	-	-	-
	Y4	-	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	Y1	-	-	-	-	
	Y2	-	-	-	-	
	Y3	-	-	+	+	
	Y4	-	+	+	+	

После проведения SWOT-анализа и на основании его результатов можно сказать:

- Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;

– Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны схемы, такие как экономичность, надёжность и эргономика;

– Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;

– За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

#### 4.1.2. Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжения кузнечного цеха.

#### 4.1.3. Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 4:

№ 1 – составление и утверждение технического задания – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – Подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Проектирование системы внутризаводского электроснабжения – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок, выбор высоковольтного оборудования;

№ 5 – Проектирование системы внутрицехового электроснабжения – расчет нагрузок по цеху с учетом загруженности всех электроприемников, выбор защитной аппаратуры;

№ 6 – Проведение графических построений – построение схемы внутризаводского электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по заводу, построение схемы внутрицехового электроснабжения.

№ 7 - Моделирование электроснабжения кузнечного цеха – создать модель электроснабжения ремонтно-механического цеха инструментального завода в программной среде Matlab Simulink и проверить активный и реактивный мощности с нагрузки и без нагрузки.

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 - Проверка выпускной квалификационной работы руководителем  
- в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником.

№ 11– Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации и ответного слова, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 17 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы электроснабжения кузнечного цеха	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Дипломник
	4	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Дипломник, научный руководитель
	5	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Дипломник, научный руководитель
	6	Проведение графических построений	
	7	Моделирование электроснабжения кузнечного цеха	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

В результате определения структуры работ в рамках технического проекта было выявлено шесть основных этапа (разработка технического задания, выбор направления технического проектирование завода, расчеты и проектирование системы электроснабжения кузнечного цеха, обобщение и

оценка результатов, оформление отчета по техническому проектированию, сдача выпускной квалификационной работы) и 11 работ.

#### 4.1.4. Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [ 12]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

#### 4.1.5. Порядок составления этапов подготовки производства и распределение исполнителей.

В таблице 16 представлены порядок перечень этапов, временные показатели проведения работ и распределение обязанностей между исполнителями проекта.

Таблица 18 – Календарная продолжительность работ

Название работы	Исполнители	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы ( $t_{min}$ ) чел.-дн.	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы ( $t_{max}$ ) чел.-дн.	Ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы ( $t_{ож}$ ) чел.-дн.
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	2	6	4
Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Научный руководитель	1	1	1
	Дипломник	20	24	22
Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Научный руководитель	1	1	1
	Дипломник	18	27	22
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Научный руководитель	1	1	1
	Дипломник	15	22	18
Проведение графических построений	Дипломник	2	5	4
Моделирование электроснабжения кузнечного цеха	Научный руководитель	1	1	1
	Дипломник	15	19	17
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	1	1	1
	Дипломник	5	7	6
Составление пояснительной записки	Дипломник	4	14	8
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель	1	1	1

#### Продолжение таблицы 18

Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Научный руководитель	1	3	2
	Дипломник	2	4	3

#### 4.1.6. Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

В результате построения ленточного графика проведения технического проекта в диаграмме Ганта, был наглядно и детально представлен перечень этапов, работ и распределение обязанностей между исполнителями проекта. Данный ленточный график достаточно удобен в построении, прост в прочтении и наглядно отражает затраченное время этапы работы.

Общая продолжительность выполнения расчетов составила 109 рабочих дней. Из них:

100 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;

9 дней – продолжительность выполнения работ научный руководителя;

#### 4.1.7. Расчёт затрат на осуществление технического проекта

Целью планирования себестоимости проведения технического проекта является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение. Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходы на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;
- расходы на спецоборудование;
- накладные расходы.

#### 4.1.8. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

В смету проекта включаются затраты на финансирование деятельности исполнителей: заработная плата исполнителя, отчисления во внебюджетные фонды, а также накладные расходы. Для расчета сметы затрат необходимо найти полную заработную плату.

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как:

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где  $З_{полн}$  – полная заработная плата;

$З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата;

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p ,$$

где  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.

$T_p$  – суммарная продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{п.к.}}{M} ,$$

где  $З_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.



$Z_{p.k.}$  – районная доплата, руб., районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

$M$  – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе) раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Заработная плата по тарифной ставке ( $Z_{mc}$ ), т.р.	Районная доплата ( $Z_{p.k.}$ ) т.р.	Месячная заработная плата ( $Z_m$ ) т.р.	Среднедневная заработная плата ( $Z_{дн}$ ) т.р.	Продолжительность работ, выполняемых работником ( $T_p$ ) раб.дн.	Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) т.р.
Науч. рук-тель	29,6	8,88	38,48	1,480	9	13,3
Дипломник	11,7	3,51	15,21	0,585	100	58,5
Итого $Z_{осн}$ т.р.						71,8

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 18.

Таблица 20 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) т.р.	Дополнительная заработная плата ( $Z_{доп}$ ) т.р.	Полная заработная плата ( $Z_{полн}$ ) т.р.
Науч. рук-тель	0,15	13,3	2,01	15,3
Дипломник	0,12	58,5	7,02	65,5
Итого $Z_{полн}$ , т.р.		71,9	9,03	80,8

#### 4.1.9. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной разделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дон})$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 80,8 = 24,4 \text{ т.р.}$$

#### 4.1.10. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат проектирование.

#### 4.1.11. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 19.

Таблица 21 – Смета затрат технического проекта

Наименование разделов	Сумма, тыс. руб.	Структур затрат, %
1. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	80,8	64,0
2. Отчисления во внебюджетные фонды	24,4	20,03
3. Накладные расходы	19,8	16,0
4. Итого	125,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана общая продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 101 раб.дн. для дипломника. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 125,0 тыс.руб, из которых более половины (64 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

#### 4.1.12. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [12]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиями к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;
2. Ремонтопригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;

3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;

5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;

6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии;

7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	4
2. Ремонтопригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	4
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	4
5. Надежность	0,15	5
6. Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7. Энергоэффективность	0,15	4
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 4 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,15 = 4,31$$

Значение показателя ресурсоэффективности проекта получилось достаточно высоким. Это говорит об эффективности использования технического проекта. В результате выполнения поставленных задач по данному техническому проекту, можно сделать следующие выводы:

В результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства. Далее было произведено планирование технического проекта, в рамках которого определен перечень этапов выполнения работ, определена трудоемкость выполнения каждого этапа, и в итоге построен диаграмма Ганта. На основе построенного план-графика и должностных окладов исполнителей темы была рассчитана полная заработная плата научный руководителя и дипломника; определены затраты на использованные материальные ресурсы; отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Просуммировав указанные расходов, определили смету технического проекта. Из расчета сметы следует, что для разработки и реализации технического проекта предприятию необходимо 125,0 тыс. руб.

Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,31 по 5 балльной шкале), что говорит об эффективности.

Таблица 23– Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	Tr <sub>i</sub> , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Науч. рук-тель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	4	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Науч. рук-тель	1				-									
		Дипломник	22	—————												
4	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Науч. рук-тель	1						-							
		Дипломник	22				—————									
5	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Науч. рук-тель	1								-					
		Дипломник	18						—————							
6	Проведение графических построений и обоснований	Дипломник	4									-				
7	Моделирование электроснабжения кузнечного цеха	Науч. рук-тель	1										-			
		Дипломник	17									—————				
8	Оценка эффективности полученных результатов	Науч. рук-тель	1											-		
		Дипломник	6										—————			
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	8												—————	
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Науч. рук-тель	1												-	
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Науч. рук-тель	2												-	
		Дипломник	3												-	

## 4.2. Социальная ответственность

В данном разделе научно-исследовательской работы будут рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, возникающие на рабочем месте при выполнении расчета электроснабжение кузнечного цеха инструментального завода в здании 8-го корпуса 120 аудитории ТПУ с использованием специального программного обеспечения Matlab Simulink.

Представленная работа является исследовательской, поэтому в разделе производственная и экологическая безопасность может быть описано рабочее место дипломника персонального компьютера (ПК) с установленным на нем специализированным программным обеспечением, непосредственно за которым велся расчет электроснабжение кузнечного цеха инструментального завода.

### 4.2.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом. Проверка знаний правил техники безопасности проводится начальником отдела охраны труда проектно-изыскательной компании после обучения на рабочем месте. Проверяемый заносится в специальный журнал и отмечается после проверки знаний техники безопасности. Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

### 4.2.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

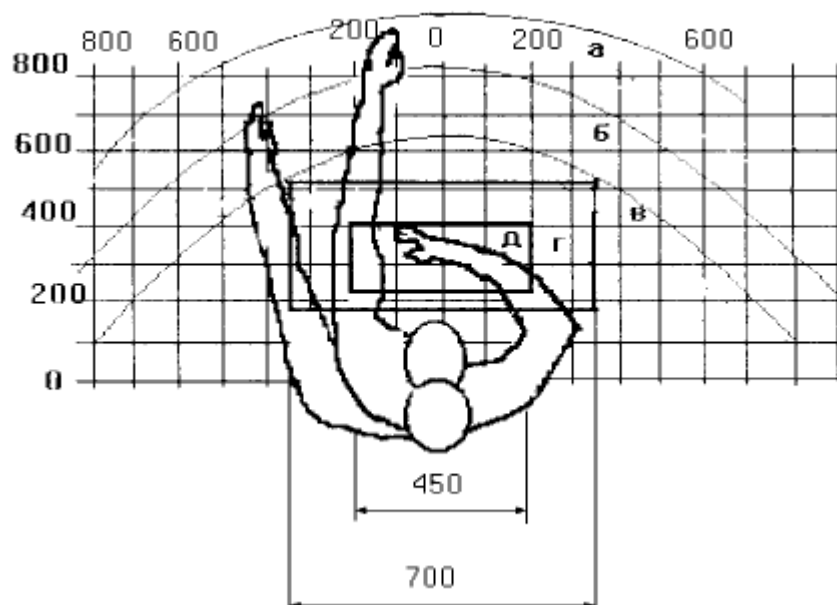


Рисунок 10 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

*а – зона максимальной досягаемости рук;*

*б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;*

*в – зона легкой досягаемости ладони;*

*г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;*

*д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.*

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах согласно по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ досягаемости рук: дисплей персонального компьютера размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в шкафу для хранения – литература, которая не используется постоянно.

Места установки силовых и информационных розеток наносятся на поэтажный план здания (если он существует) или заносятся в таблицу, которая



будет в дальнейшем использоваться в качестве основного документа при проектировании горизонтальной подсистемы.

Рекомендуется устанавливать силовые и телекоммуникационные розетки на рабочем месте рядом, на расстоянии не более метра. Кроме того, желательно, чтобы они были смонтированы на одной высоте.

Выбирая места установки розеток при проектировании сети, следует руководствоваться, в том числе, нормами СНиП 2.09.04-87, согласно которым на одно рабочее место должно приходиться не менее 4 квадратных метров площади.

#### 4.2.3. Производственная безопасность

Работа с персональным компьютером – это воспроизведение наглядной информации на дисплее, для быстрого и точного восприятия пользователем. Основными факторами, влияющими на трудоспособность студента, являются комфортные и безопасные условия труда[13].

При проведении работ на персональном компьютере в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[14], имеют место существовать следующие критерии: высокая или низкая подвижность воздуха; высокая или низкая влажность воздуха; несоответствующий уровень отрицательных и положительных аэроионов; повышенное значение напряжения в цепи электрического тока, замыкание; высокий уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитного излучения; повышенная напряженность электростатического поля; недостаточность или полное отсутствие естественного освещения; недостаточное искусственное освещение рабочей зоны; высокая яркость света; повышенная контрастность; отраженная и прямая блескость; зрительная напряженность труда; монотонность процесса; перегрузки нервного и эмоционального плана.

Таблица 24 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Р азработк	И зготовле	Э ксплуат	
1. Оценка параметров тяжести и напряженности, возникающих в процессе работы с персональным компьютером				1 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.  2 ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. 3 ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. 4 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 5 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. 6 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
2. Организация режимов труда и отдыха при работе с ЭВМ				
3. Электромагнитные поля				
4. Микроклимат помещения				
5. Производственный шум				
6. Электробезопасность				

Условия труда, связанные с работой на персональном компьютере, можно охарактеризовать:

– особенностью главных элементов рабочего пространства (территориальное размещение рабочего места, а также его составных элементов, соответствующих анатомическим и физиологическим параметрам работающих; расположение элементов рабочего места по отношению к пользователю с учетом вида его деятельности);

– условиями окружающей рабочее место среды (освещение на рабочем месте и в помещении дисплейного зала, микроклимат в помещении, шумы, другие специфические факторы, которые обусловлены особенностями средств доведения информации до пользователя и т.д.);

– параметрами информационного взаимодействия человека и ЭВМ.

Главной особенностью работы на персональном компьютере является длительное и значительное напряжение зрительных функций оператора,

обусловленное необходимостью различать объекты (символы, знаки и др.) при различных условиях (строчная структура экрана, мелькание изображений, недостаточная освещенность поля экрана, недостаточная контрастность объектов различения и необходимость постоянно переадаптировать зрительный аппарат к различным уровням освещенности экрана, клавиатуры). Нервное и эмоциональное напряжение при работе за персональным компьютером возникает из-за дефицита времени, высокой плотности и большого объема информации, особенности диалогового режима при обращении человека с ЭВМ, ответственности за безошибочность информации.

Ритм работы на персональном компьютере при вводе информации обуславливается объемом и характеристиками производственного задания, и временем его выполнения.

К числу критериев, негативно влияющих на состояние здоровья пользователя, также необходимо отнести акустические шумы, электромагнитные и электростатические поля, изменение ионного состава воздуха и параметров микроклимата.

На состояние пользователя оказывают влияние и эргономические параметры расположения дисплея монитора, ведущие к изменению контрастности изображений в условиях интенсивной засветки, появлению зеркальных бликов от фронтальной поверхности дисплея монитора и т.п. Большую роль оказывают и параметры освещенности на рабочем пространстве, габариты мебели и параметры помещения, где располагается компьютерная техника.

#### 4.2.4. Требования, предъявляемые к помещениям для работы с ЭВМ

Помещения, предназначенные для эксплуатации персональных компьютеров, должны иметь как естественное, так и искусственное освещение. Эксплуатирование ЭВМ в помещениях, где нет естественного освещения, возможно только при определенном обосновании и наличии

предоставленного в установленном порядке положительного санитарно-эпидемиологического заключения. Использование искусственного освещения в помещениях, где предполагается эксплуатация персонального компьютера, надлежит осуществлять по системе равномерного освещения всей площади помещения. Следует в качестве источника света при искусственном освещении помещения применять в большей степени люминесцентные лампы с рассеивателями и экранирующими решетками. Не разрешается применять светильники, в которых отсутствуют рассеиватели и экранирующие решетки. В светильниках направленного освещения разрешается применение ламп накаливания, включая галогенные. Для достижения нормируемых значений освещенности помещения, где используются персональные компьютеры необходимо производить очистку стекол оконных рам и плафонов светильников не реже чем два раза в год и своевременно заменять перегоревшие лампы.

Оконные проемы следует оборудовать регулируемыми устройствами, такими как жалюзи, занавеси, внешние козырьки и т.д.

Площадь, предназначенная для одного рабочего места пользователя ЭВМ основанного на электронно-лучевой трубке должна быть более 6м<sup>2</sup>, а объем производственного помещения для одного работающего более 20 м<sup>3</sup>. При эксплуатации персональных компьютеров на основе ЭЛТ (без каких-либо вспомогательных устройств, таких как принтер, сканер и др.), которые отвечают всем предписаниям международных стандартов по безопасности компьютеров, продолжительностью работы не более 4 часов в день разрешено допускать минимальную площадь в 4,5 м<sup>2</sup> на одно рабочее место.

В помещениях, где располагаются персональные компьютеры на базе жидкокристаллических или плазменных экранов, пространство, предназначенное для одного рабочего места, составляет не менее 4,5м<sup>2</sup>.

Обязательным требованием к помещениям, где размещены рабочие места с персональными компьютерами, является оборудование помещений защитным заземлением. В этих помещениях следует проводить ежедневную

влажную уборку и после каждого часа работы на ЭВМ необходимо проводить систематическое проветривание помещения.

Для внутренней отделки интерьера помещений следует использовать материалы с матовой фактурой и светлых, пастельных тонов. Для отделки пола используются гладкие, нескользящие материалы, обладающие антистатическими свойствами.

Все указанные требования в данном отделе промышленной и экологической безопасности выполняются.

#### 4.2.5 Оценка параметров тяжести и напряженности, возникающих в процессе работы с персональным компьютером

Организация работы с ЭВМ ведется исходя из вида и категории трудовой деятельности.

Согласно по 1 ГОСТу 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Типы трудовой деятельности можно разделить на три группы:

- группа А – работа, связанная с считыванием информации с экрана с предшествующим запросом;
- группа Б – работа, связанная с вводом данных;
- группа В – творческая работа, осуществляемая в режиме диалога с ПК.

Таблица 25 – Типы трудовой деятельности

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки на рабочую смену при видах работы с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа А, кол-во знаков	Группа Б, кол-во знаков	Группа В, час.	При 8- часовой смене	При 12- часовой смене
I	До 20000	До 15000	До 2	50	80
II	До 40000	До 30000	До 4	70	110
III	До 60000	До 40000	До 6	90	140

Написание научно-исследовательской работы по расчету электроснабжение инструментального завода кузничного цеха, относится к категории работ Ia, категории работ по уровню энергозатрат, т.к. работа производится в сидячем положении и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением.

#### 4.2.5 Организация режимов труда и отдыха при работе с ЭВМ

Для обеспечения наиболее оптимальной работоспособности, а также сохранения здоровья пользователя, в течение рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы.

Общее время, затрачиваемое на регламентированные перерывы, устанавливается исходя из зависимости категории трудовой деятельности и уровня нагрузки, возлагаемой на сотрудника за полную рабочую смену при работе с персональным компьютером.

При ситуациях, когда характер труда требует постоянного взаимодействия с персональным компьютером (ввод данных или набор текстов) с повышенной сосредоточенностью и напряжением внимания при невозможности временного переключения на другие виды деятельности, где не задействовано использование ПК, работодателю рекомендуется организовать трудящимся перерывы на 10–15 минут после каждых 45–60 минут работы с ЭВМ. Согласно ГОСТу Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Регламентированные перерывы рекомендуется использовать с целью выполнения комплексов упражнений, направленных на снижение напряжения нервного и эмоционального плана, снятие утомления с органов зрения, предотвращение поз тонического утомления.

#### 4.2.6. Электромагнитные поля

Основными источниками высоко и низкочастотных электромагнитных полей при выполнении научно-исследовательской работы являются

компьютеры. Согласно ГОСТу 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) указаны в таблице 26. Они нормируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 26 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц-2кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц-2кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

На рабочем месте в отделе промышленной и экологической безопасности, несоответствий условиям труда, указанным в требованиях, выявлено не было.

#### 4.2.7 Микроклимат помещения

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при систематическом и длительном воздействии на человека гарантируют сохранение адекватного функционирования и теплового состояния организма, создают условия теплового оптимума и являются основой для высокого уровня работоспособности. Допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96.

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», исходя из категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года[16]. На условия работы в помещении влияют такие параметры, как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения приведены в таблице 23.

Таблица 27 – Характеристика помещения

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура	20-22	22-25
Относительная влажность, %	30-60	30-60
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,2	Не более 0,5

В отделе промышленной и экологической безопасности температура составляет: зимой  $t=20-24^{\circ}\text{C}$ ; летом  $t=22-25^{\circ}\text{C}$ . Влажность 55%. Эти данные микроклимата соответствуют нормам.

#### 4.2.8 Производственный шум

Шум является одним из наиболее распространенных на производстве факторов. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум является одним из часто встречающихся факторов внешней среды, которые пагубно воздействуют на организм человека. Действие шума разнообразно: от затруднения разборчивости речи, провоцирования снижения работоспособности, повышения утомляемости, до вызова необратимых изменений в органах слуха человека. Кроме органов слуха, шум оказывает свое воздействие на весь организм человека. Люди,



работающие при постоянных шумовых эффектах, жалуются на головную боль, быструю утомляемость, бессонницу и сонливость, ослабляется внимание, ухудшается память.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных рабочих мест, ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности..

Шум на рабочих местах создается внутренними источниками – вентиляторы в ЭВМ, и внешними источниками – шум с улицы.

Согласно паспорта ЭВМ, уровень ее шумов не превышает 42 дБ, а нормы для творческой работы с использованием ЭВМ – 50 дБ. Поэтому никаких мер защиты от шума в рассматриваемом помещении не требуется и не предусмотрено. Уровни шума, создаваемого на рабочем месте не превышают допустимого.

#### 4.2.9 Электробезопасность

В процессе использования электроприборов и электрооборудования может возникнуть опасность поражения электрическим током. По опасности поражения током рабочий кабинет относится к помещениям без повышенной опасности. Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности: – перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;

- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)

- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;

- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве.

Существуют следующие способы защиты от поражения током в электроустановках: предохранительные устройства; защитное заземление; применение устройств защитного отключения (УЗО); зануление.

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств – защитное заземление, которое предназначено для превращения «замыкания электричества на корпус» в «замыкание тока на землю» для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала).

В рабочем кабинете при написании научно-исследовательской работы, выполняются все требования и предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, и соответствуют ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.

Процент влажности находится в пределах нормы. Содержание химически-опасных веществ и реагентов, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования, в данном помещении не наблюдается.

В помещении бетонные полы, покрытые линолеумом, что не является проводником электрического тока.

Персональный компьютер имеет надежную изоляцию токоведущих частей оборудования, отсутствуют соединения, которые могут вызвать искры.

При работе прикосновение с металлическими конструкциями, с приборами, не имеющего заземления при поврежденной изоляции токоведущих частей, отсутствует, что подтверждает соблюдение и выполнение всех требований ГОСТ 12.1.019-2009 (с изм. №1) «ССБТ.

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Государственный стандарт от 10.12.2009».

#### 4.2.10. Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, наносящее материальный ущерб. В соответствии с положениями ГОСТ 12.1.033-81, термин пожарная безопасность обозначает такое состояние объекта, при котором с определенной вероятностью исключается вероятность возникновения и развития неконтролируемого пламени и воздействия на людей опасных критериев пожара, и обеспечение сохранности материальных ценностей.

Пожарная безопасность объектов народного хозяйства, в том числе электрических установок, регламентируется ГОСТ 12.1.004-91 «Общие требования», а также строительными нормами и правилами, межотраслевыми Типовыми правилами пожарной безопасности на отдельных объектах.

Здание, в котором находится отдел 120 аудитория, возведено из устойчивого к воздействию пожара материала, а именно кирпича, и относится к зданиям второй степени огнестойкости.

В соответствии с ФЗ РФ № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. по оценке пожарной опасности производства, отдел промышленной и экологической безопасности относится к категории Ф 4.2 (здания проектных организаций).

В качестве возможных причин пожаров в исследуемом помещении можно указать следующие: различные короткие замыкания; опасная перегрузка сетей, влекущая за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции; нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от короткого замыкания, перегрузок, необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение требуемого режима

эксплуатации электросетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Мероприятия, необходимые для предупреждения пожаров: проведение противопожарного инструктажа; соблюдение норм, правил при установке оборудования, освещения, направленных на предупреждение возникновения пожара; эксплуатация оборудования в соответствии с техническим паспортом; рациональное размещение оборудования; своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования;

Для тушения пожаров используются воздуха-механическая пена, углекислый газ, а также галогидрированные углеводороды.

В отделе промышленной и экологической безопасности имеются порошковые огнетушители ОП-4 и углекислотные огнетушители ОУ-5.

На случай возникновения пожара в рабочем кабинете должны быть в наличии первичные средства тушения пожара. Так как основная опасность – неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горючие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории (ГОСТ 12.004-91.ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования»).

#### 4.2.11. Экологическая безопасность

При использовании персональных компьютеров, требуют решения такие важные вопросы, как переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов).

При переработке устаревших компьютеров происходит их разборка на шесть составляющих компонентов: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Для повторной эксплуатации нельзя использовать ни одну из отработанных деталей, так как нет гарантии ее надежности, но в форме вторичного сырья они используются при изготовлении новых компьютеров или каких-либо других устройств. Так же компоненты компьютеров содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

При эксплуатации ЭВМ расходуются такие ресурсы, как электроэнергия (обеспечение питания компьютера), бумага, используемая для принтера при выводе информации, картриджи. Для того, чтобы добиться наиболее рациональных затрат электроэнергии не следует оставлять включенным персональный компьютер и оргтехнику, когда они не эксплуатируются в настоящее время, печать осуществлять с двух сторон, при этом затраты на бумагу вряд ли удастся сократить хотя бы вдвое, но экономия будет ощутимой. Проблему с утилизацией бумаги может решить вторичная переработка отходов.

Проведя анализ вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте можно сделать вывод о том, что в данном помещении соблюдаются все требования нормативно-правовых документов, что является подтверждением безопасности данного места работы. Явных нарушений производственной и экологической безопасности при рассмотрении вредных и опасных факторов производства на рабочем месте не выявлено, угрозы для жизни и здоровья людей не наблюдается.

#### 4.2.12. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС): Обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей[15].

4.2.13. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в 120 аудитории.

Выделяют следующие возможные чрезвычайные ситуации[15]:

- внезапное обрушение здания – чрезвычайная ситуация, возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании здания, при нарушении правил эксплуатации здания, нарушений правил монтажа зданий, а также вследствие техногенной или природной чрезвычайной ситуации;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – водопроводных, канализационных, электроэнергетических и тепловых сетях;
- пожар – вышедший из-под контроля процесс горения, создающий угрозу жизни и здоровью людей и уничтожающий материальные ценности;
- взрыв – горение, сопровождающееся освобождением большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени.

4.2.14. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для данного помещения является пожар.

Требования взрывопожаробезопасности оборудования устанавливаются с учетом значений пожаро – и взрывобезопасности

материалов и веществ, применяемых в конструкциях и при проведении технологических процессов[14]. Взрывопожаробезопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Предотвращение инициации пожара должно достигаться:

- предотвращением образования горючей среды;
- предотвращением образования в горючей среде (или внесения в неё)

источников зажигания.

В случае возникновения пожара в помещении рабочего кабинета необходимо:

- сообщить о возгорании пожарной охране;
- доложить ответственному за пожарную безопасность отдела и администрации проектно-изыскательной компании;
- обесточить действующие в отделе приборы и персональные компьютеры;
- до прибытия пожарной команды приступить к тушению пожара имеющимися в отделе подручными средствами (огнетушители углекислотные);
- для встречи пожарной команды выделяется сотрудник отдела, способный правильно доложить об обстановке, указать пожарной команде направление движения, указать место нахождения наиболее опасных участков помещений.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо поддерживать порядок в помещении, не допускать нагромождения пожароопасных веществ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системой предотвращения пожара ГОСТ 12.1.044–89 «Система стандартов безопасности труда. Пожар взрывоопасность веществ и материалов», системой пожарной защиты ГОСТ 12.1.044–89.

Пожарная безопасность помещения обеспечивается следующими мерами:

- регулярное проведение инструктажа сотрудников по технике безопасности;
- наличие плана эвакуации людей при возникновении пожара;
- автоматическая пожарная сигнализация (совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты) и телефонная связь с пожарной охраной;
- наличие средств пожаротушения (огнетушители), пожарный инструмент, песок.

#### Вывод по разделу

В данной работе были рассмотрены вопросы правовой и организационной безопасности, технические мероприятия где сказано про рациональная планировка рабочего места, в пункте производственная безопасность сказано работа с персональным компьютером, в пункте экологическая безопасность рассматривался вопрос про переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов).

В данной работе рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, возникающие на рабочем месте при выполнении расчета электроснабжение кузнечного цеха инструментального завода в здании 8-го корпуса 120 аудитории ТПУ с использованием специального программного обеспечения Matlab Simulink.

Представленная работа является исследовательской, поэтому в разделе производственная и экологическая безопасность может быть описано рабочее место дипломника персонального компьютера (ПК) с установленным на нем



специализированным программным обеспечением, непосредственно за которым велся расчет электроснабжение кузничного цеха инструментального завода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной работы были рассчитаны нагрузки кузнечного цеха и инструментального завода в целом. Расчет нагрузок позволил установить, что рациональная мощность трансформаторов . Для надежного питания завода были выбраны трансформаторы ТМЗ-630/10 в количестве 2 шт. Для повышения пропускной способности электрических сетей всех напряжений. Проектирование систем электроснабжения кузнечного цеха было рассмотрено более подробно. Выбраны коммутационные аппараты для защиты магистральных сетей и сете присоединений. Все кабельные линии напряжением 0,4 кВ выполнен проводом АВВГ проложенном в трубах в полу либо на металлоконструкциях.

В разделе финансовой менеджмент сделан следующий выводы:

-оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,83 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

В разделе социальная ответственность проанализированы опасные и вредные факторы, оказывающие воздействие на человека при работе с ЭВМ и исследовании методов качества электроснабжения. Решены вопросы обеспечения защиты от опасных и вредных факторов на основе требований действующих нормативно-технических документов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по проектированию электроснабжения/под ред. Ю.Г. Барыбина и др. - М.: Энер-гоатоиздат. 1990. - 576 с. - (Электроустановки промышленных предприятий/Под общ.ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М.Кирова, 1988. - 96 с.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра для студентов направления 551700
4. Электроэнергетика» - Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 112с.
5. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие для техникумов. - М: Энергоатомиздат, 1989. - 528с.: ил.
6. Постников Н.П., Рубашов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для техникумов. - Л.: Стройиздат, Ленингр. Отделение, 1980 -376с., ил
7. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб.пособие / ТПУ. – Томск, 2005. - 168 с.
8. Л.П. Сумарокова, Электроснабжение промышленных предприятий.Учеб. Пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
9. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.
10. Моделирование системы обеспечения электробезопасности при обрыве одной из фаз. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35585301> – 5.04.2019 г.

11. Моделирование системы электроснабжения с питанием группы потребителей от трансформатора с тиристорным регулятором напряжения и мощности. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21061683> – 12.04.2019 г.

12. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.

13. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – 5-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2009. – 335 с.: ил. – Для высших учебных заведений. – Безопасность жизнедеятельности. – Библиогр.: с. 333.

14. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

15. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

16. ГОСТ Р 22.0.01–94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

17. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002

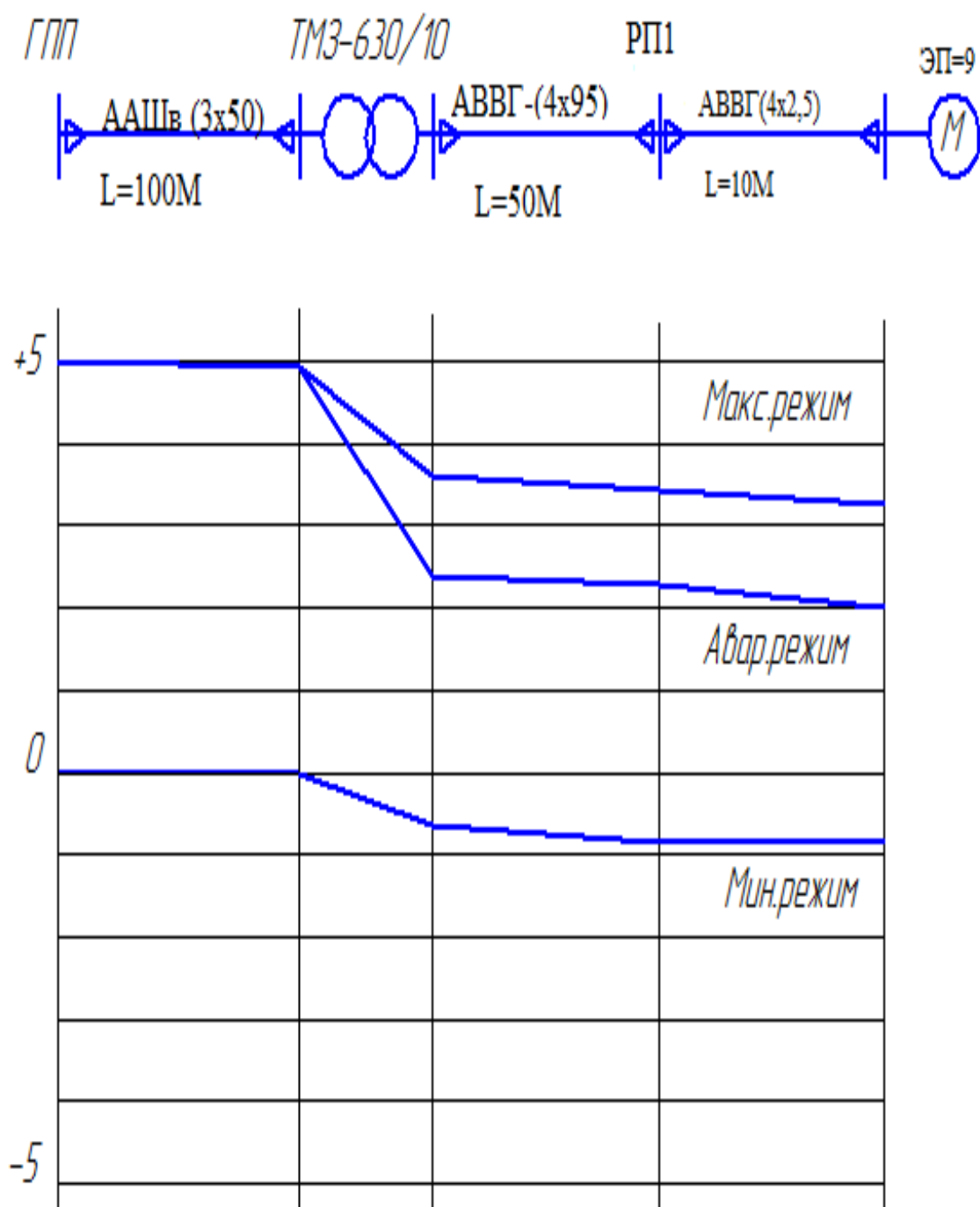


Рисунок 10 – Эпюры отклонений напряжения

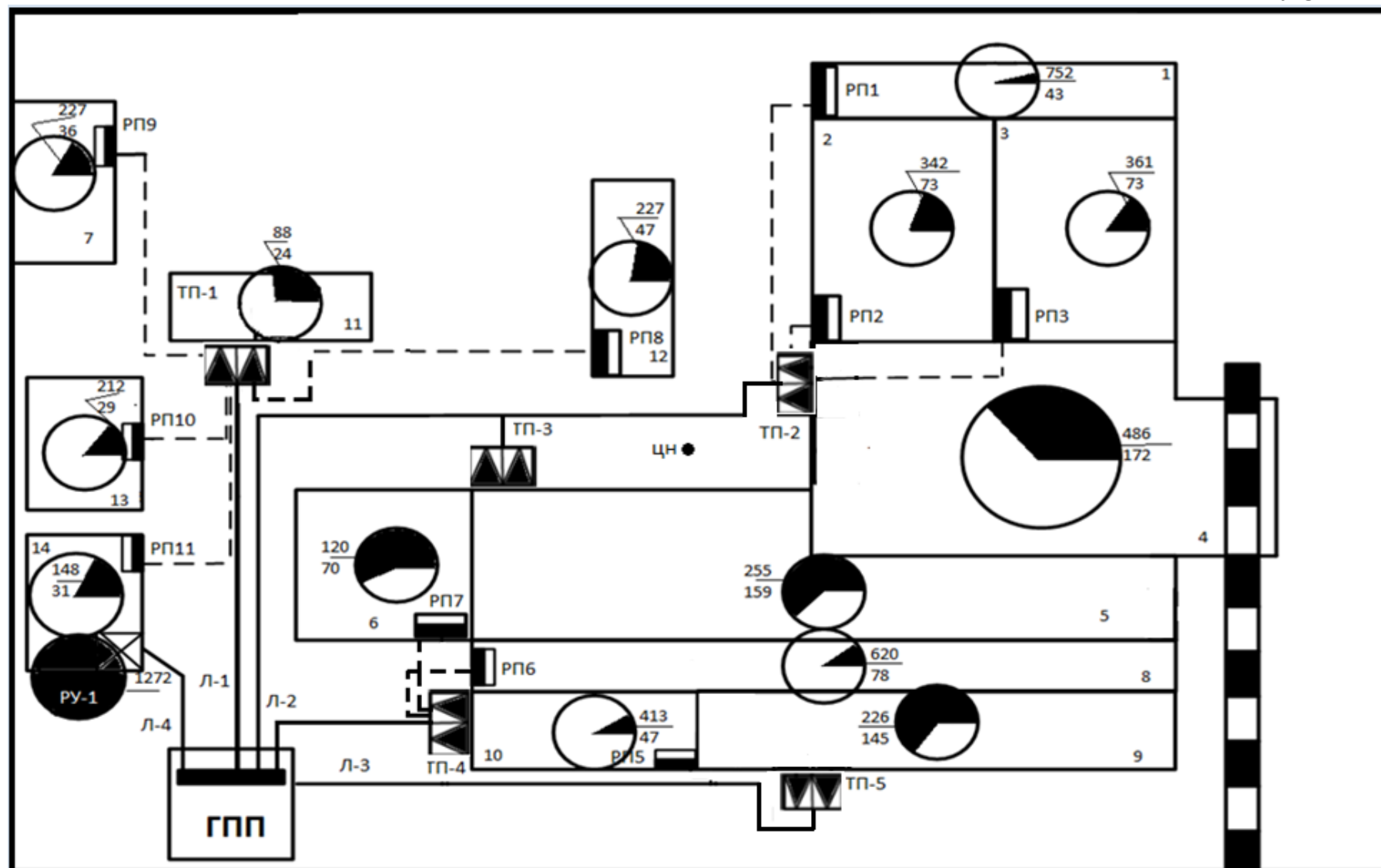


Рисунок 11 - Картограмма предприятия